

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Analyses et perspectives de la RFId en circuit ouvert

Mattioli, Michaël

Award date:
2008

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



FACULTÉS UNIVERSITAIRES NOTRE DAME DE LA PAIX (NAMUR).
FACULTÉ D'INFORMATIQUE

ANNÉE ACADÉMIQUE 2007-2008

ANALYSES ET PERSPECTIVES DE LA RFID EN CIRCUIT OUVERT

Michaël MATTIOLI

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de licencié en Informatique

RÉSUMÉ

La radio-identification est une technologie de plus en plus utilisée dans la localisation des biens et des personnes. Cependant, elle reste relativement peu connue du grand public tant au niveau de ses fondements techniques que de ses implications économiques. L'objectif principal de ce mémoire est de dresser un état de l'art original de cette technologie en circuit ouvert, afin de répondre aux questions techniques, économiques et sociétales qui lui sont liées et d'en analyser les perspectives.

RFID, Electronic Product Code, Internet des objets, Informatique pervasive, Machine To Machine, Objets communicants, Étiquettes intelligentes.

ABSTRACT

Radio frequency identification has been increasingly used for the location of people and goods. However, the general public does not know much about its technical foundations and economic implications. The main goal of this thesis is to set up an original state of the art of this technology in its open circuit version in order to raise the major technical, economic and societal factors that could impact on its deployment and to draw contrasted scenarios of its foreseeable future.

RFID, Electronic Product Code, Internet of things, Pervasive computing, Machine To Machine, Smart objects, Intelligent labels.

AVANT PROPOS

Je tiens à remercier ma promotrice Mme Claire Lobet pour son soutien, ses conseils et ses remarques pendant cette année.

Je remercie également MM. Denis Darquennes et Laurent Schumacher pour leurs remarques et conseils avisés.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont encouragé et aidé lors de l'élaboration de ce mémoire, et plus particulièrement mon épouse Audrey, qui m'a toujours soutenu tout au long de ces années d'études.

Ceux qui ont peur du changement auront la peur et le changement.

M. Frisch

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	2
Abstract.....	2
Avant propos	3
Table des matières.....	5
Table des figures	8
Table des tableaux.....	9
Glossaire.....	10
Introduction générale	12
Partie I.....	14
Introduction.....	14
Chapitre I L'identification automatique.....	15
1. Les technologies d'identification automatique	15
1.1 L'identification automatique avec contact	16
1.2 L'identification automatique sans contact	16
2. Les origines et l'évolution de la RFId	18
2.1 Des ondes électromagnétiques à la technologie radio	18
2.2 Premiers travaux et applications des puces à radio-identification	19
2.3 Incursion des puces à radio identification dans le monde du commerce... ..	20
2.4 Multiplication des puces à radio-identification	21
2.5 L'émergence d'un nouveau paradigme de la communication.....	22
Chapitre II L'architecture d'un système RFId	24
1. Composants d'un système RFId.....	25
1.1 Les composants de l'étiquette	25
1.1.1 La logique de traitement	26
1.1.2 La mémoire.....	27
1.1.3 L'alimentation	28
1.1.4 Le dispositif radio.....	29
1.1.5 L'antenne	29
1.1.6 Le support.....	30
1.2 Les composants du lecteur.....	31
1.2.1 L'interface radio	32
1.2.2 L'unité de contrôle.....	32
1.3 Principes de fonctionnements d'un système RFId	33
1.3.1 Le type de fréquence	33
1.3.2 La portée et le couplage.....	35

1.3.3 La transmission d'informations.....	36
1.3.4 L'intégrité des données.....	39
1.3.5 La gestion des collisions.....	41
1.3.6 La sécurité des données.....	42
1.4 Classification des systèmes RFId	44
Chapitre III La normalisation et la standardisation des systèmes RFId	46
1. Réglementations et normes relatives à l'utilisation des systèmes RFId	46
1.1 Réglementations concernant les systèmes RFId	47
1.1.1 Les fréquences de communication.....	47
1.1.2 La santé des personnes	47
1.1.3 Les garanties individuelles	48
1.2.1 Le protocole de communication.....	49
1.2.2 La gestion des commandes et des données	49
1.2.3 Le vocabulaire.....	50
3. Le standard EPCglobal Network	51
Chapitre IV Le paradigme M2M et les technologies connexes aux puces RFId	59
1. Le paradigme "Machine-To-Machine"	59
2. Présentation de quelques technologies connexes à la RFId	61
3. La technologie NFC.....	65
4. Comparaison entre la RFId et le code barres	66
Partie II	70
Introduction.....	70
Chapitre I L'infrastructure logicielle d'un système RFId.....	71
Chapitre II Potentiel de la RFId : le marché, les secteurs et types d'applications..	75
1. Le marché de la RFId	76
1.1 Etat du marché de l'infrastructure logiciel et des services associé à la RFId	77
1.2 Politiques publiques et initiatives privées.....	78
2. Les secteurs d'activités.....	81
2.1. La RFId dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement	82
2.2 La RFId dans le secteur de la santé.....	84
2.3 La RFId dans l'identification et le transport des biens et des personnes	85
2.4 La RFId et le paiement sans contact.....	86
Chapitre III Contraintes sociales de la RFId : aspects éthiques et juridiques.....	88
1. La RFId, vecteur de données personnelles	89
2. Les droits et devoirs quant à l'utilisation de certaines applications RFId.....	92
3 Exemples de dérives d'applications RFId.....	93
Chapitre IV Utilisation de la technologie RFId dans un système en circuit ouvert	96
1. Distinction entre un circuit "ouvert" et un circuit "fermé"	96
2. Etude de cas : Wal-Mart	99
2.1 Intérêt de l'étude.....	99
2.2 Origines du déploiement RFId au sein de Wal-Mart.....	99
2.3 Plan du déploiement de la RFId.....	100
2.4 Conséquences du déploiement de la RFId	102
2.5 Synthèse de l'étude de cas.....	104

Partie III.....	105
Introduction.....	105
Chapitre I Analyse du standard EPC	106
1 Analyse technologique	107
1.1 Généralités concernant les étiquettes RFId.....	107
1.2 Particularités de l'étiquette EPC Class 1 Gen 2	108
1.3 Critique de l'étiquette EPC Class 1 Gen 2	109
2. Analyse sécuritaire	111
2.1 Identification des menaces de niveau 1	111
2.1.1 Menaces liées aux étiquettes	111
2.1.2 Menaces liées à l'interface AIR	112
2.1.3 Menaces propres au lecteur	113
2.2 Identification des menaces de niveau 2	114
2.3 Identification des menaces de niveau 3	114
2.5 Conclusions	116
3. Analyse de la gestion d'EPCglobal Inc.....	118
4. Analyse de la gouvernance du réseau d'échanges EPCglobal Network.....	120
5. Analyse économique.....	122
6. Analyse du code de bonne conduite préconisé par EPCglobal Inc.	124
7. Conclusions	125
Chapitre II Perspectives de la technologie RFId	126
1. Identification des variables	127
1.1 Aspect technologique.....	127
1.2 Aspect économique	128
1.3 Aspect politique.....	128
1.4 Aspect sociétal	129
2. Factorisation des variables identifiées.....	130
3. Elaboration de scénarios.....	132
4. Conclusions	133
Conclusion générale	134
Bibliographie.....	136
1. Ouvrages.....	136
2. Articles	136
3 Mémoires	140
4 Présentations	140
5. Publications	141
6. Livres blancs.....	142
7. Documents techniques.....	143
8. Rapports.....	143
9. Sites Internet.....	145

TABLE DES FIGURES

Figure 1 Spectre de fréquence onde électromagnétique.....	25
Figure 2 Composants RFId.....	25
Figure 3 Les fréquences radios	33
Figure 4 Exemple de codage NRZ	38
Figure 5 Exemple de codage de Manchester	38
Figure 6 Différents types de modulation	39
Figure 7 Exemple procédure LRC.....	40
Figure 8 Le système d'anti-collision Aloha à allocation temporelle	42
Figure 9 Procédure d'authentification mutuelle entre un lecteur et une étiquette.....	43
Figure 10 Structure de l'organisation EPCglobal Inc.	52
Figure 11 Structure du code EPC	53
Figure 12 Cadre général de l'architecture EPC	56
Figure 13 Architecture interne du réseau d'échange EPC.....	57
Figure 14 Fonctionnement de l'ID-Blue (Lecteur RFId-Bluetooth)	63
Figure 15 Code barres EAN à 13 chiffres	66
Figure 16 Architecture fonctionnelle de l'infrastructure logicielle.....	72
Figure 17 Evolution du marché mondial des étiquettes RFId (Future Horizons)	76
Figure 18 Répartition du marché RFId (Estimation 2010, IDTechEx)	77
Figure 19 Estimation du marché du middleware RFId	77
Figure 20 Nombre de projets RFId par pays recensé par IDTechEx.....	81
Figure 21 Impact de la RFId dans la chaîne d'approvisionnement.....	83
Figure 22 Cycle de vie d'un produit utilisant la RFId.....	96
Figure 23 Partenaires initiaux d'EPCglobal Inc	98
Figure 24 Architecture des accès EPC (simplifié)	115
Figure 25 Membres EPCglobal Inc. (par pays).....	118
Figure 26 Relation stratégique entre DNS et ONS.....	120
Figure 27 Ligne du temps des articles consacrés à la technologie RFId.....	128

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 Tableau comparatif des différentes technologies d'identification automatique	18
Tableau 2 Mémoires des systèmes RFID.....	28
Tableau 3 Différents types d'antennes	30
Tableau 4 Différentes étiquettes	31
Tableau 5 Différents formats de lecteurs	32
Tableau 6 Caractéristiques des différentes fréquences	34
Tableau 7 Classe de modèles d'étiquettes RFId selon EPC	55
Tableau 8 Grille des standards EPC	58
Tableau 9 Exemples de technologies connexes.....	62
Tableau 10 Comparaison des technologies.....	65
Tableau 11 Comparatif Code Barres / RFId.....	67
Tableau 12 Estimation par champ d'application du nombre d'étiquettes RFId utilisées en 2007.....	82
Tableau 13 Ligne du temps du plan de déploiement.....	101
Tableau 14 Améliorations de l'étiquette EPC Class 1 Gen 2 (Mémoire et Débit).....	108
Tableau 15 Limitations de pénétration.....	109
Tableau 16 Saturation des lecteurs.....	109
Tableau 17 Synthèse des avantages et des inconvénients des étiquettes EPC Class 1 Gen 2.....	110
Tableau 18 Les différents niveaux sécuritaires du standard EPC.....	111
Tableau 19 Récapitulatif des menaces sécuritaires.....	117
Tableau 20 Cotisation EPCglobal Inc (GS1 Belgique Luxembourg)	123
Tableau 21 Classement des variables identifiées	130

CRM (Customer Relationship Management)

"Soit littéralement "gestion de la relation cliente". Domaine d'activité combinant des moyens humains, organisationnels, technologiques et matériels permettant de développer et de gérer la relation entre l'entreprise et sa clientèle. (Conquête de nouvelles cibles, optimisation de la valeur cliente, etc.) "¹

EDI (Electronic Data Interchange) (Echange de Données Informatisées)

"EDI est un terme générique définissant un échange d'informations automatiques entre deux entités à l'aide de messages standardisés, de machine à machine."²

ERP (Enterprise Ressources Planning)

"Progiciel de gestion intégré. Il regroupe sous forme de modules interfacés toutes les applications nécessaires à la gestion de l'entreprise. Par opposition à des progiciels spécifiques, les différents modules d'un ERP bénéficient de principes de base communs (bases de données, procédures d'échange d'informations)"³

Internet des objets

"L'Internet des objets est un néologisme qui se rapporte à l'extension d'Internet à des objets et à des lieux dans le monde réel. L'Internet que nous connaissons ne se prolonge pas au delà du monde électronique. L'Internet des objets a pour but de prolonger l'Internet au monde réel en fixant des étiquettes munies de codes ou d'URLs aux objets ou aux lieux. Ces étiquettes pourront être lues par un dispositif mobile sans fil et des informations relatives à ces objets et lieux seront retrouvées et affichées."⁴

¹ Petit lexique de la Supply Chain [http://www.lomag-man.org/supply%20chain%20dossier/lexique_supplychain.pdf] (Visité le 26/05/2008)

² [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89change_de_donn%C3%A9es_informatis%C3%A9](Visité le 22/11/2007)

³ Petit lexique de la Supply Chain, op.cit.

⁴ http://fr.wikipedia.org/wiki/Internet_des_objets

M2M (Machine To Machine)

"L'abréviation M2M est un concept faisant intervenir à la fois les télécommunications et l'informatique pour permettre des communications entre machines, et ceci sans intervention humaine. Ainsi les machines deviennent intelligentes." ⁵

Total Asset Visibility

"Visibilité totale sur la valeur des moyens engagés permettant d'avoir une traçabilité des ressources depuis le fournisseur jusqu'à l'utilisateur final." ⁶

WMS (Warehouse management)

"WMS, ou *Warehouse Management System* ("Système de gestion d'entrepôts"), désigne une catégorie de logiciels destinés à gérer les opérations d'un entrepôt de stockage. L'objet premier du WMS n'est pas de prendre les commandes mais de les prendre en compte et d'en optimiser la préparation." ⁷

⁵ http://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_to_machine

⁶ Petit lexique de la Supply Chain, op.cit.

⁷ <http://fr.wikipedia.org>

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La technologie à radio-identification n'est pas récente. Cependant, de nombreuses applications utilisant cette technologie émergent depuis peu. Avec elles se dessinent de nouveaux concepts et des perspectives aussi passionnantes que celles suscitées par l'apparition d'Internet. En effet, ces concepts laissent présager la mise en réseau d'objets autonomes et intelligents. Ainsi, il y a fort à parier qu'un jour prochain, *l'on s'interrogera sur l'époque où les hommes avaient des bibliothèques où les livres ne parlaient pas entre eux.*⁸

Bien entendu, ces futurs bouleversements apportent leurs lots de craintes et d'incertitudes, notamment sur les questions éthiques que pourrait entraîner l'utilisation de cette technologie.

L'objectif principal de ce mémoire est de dresser un état de l'art original de la RFId afin de mieux comprendre son fonctionnement et ses perspectives dans le paradigme de la mobilité des objets et des personnes. Bien que de multiples domaines utilisent la RFId, notre investigation se centrera sur l'utilisation de la RFId dans le domaine de la chaîne d'approvisionnement et plus particulièrement dans son déploiement en circuit ouvert⁹. Ce choix s'est imposé à nous car les projets œuvrant en circuit ouvert utilisent le standard EPC. Ce standard *de facto* pourrait être la pierre angulaire de l'Internet des objets, nouveau modèle de communication qui incarne, selon nous, le futur de la RFId. Cependant, en raison de sa gouvernance et de son mode de fonctionnement, ce standard soulève de nombreuses interrogations que nous tâcherons d'analyser.

Notre travail comporte trois parties. Dans la première, nous aborderons les aspects technologiques de la RFId. Après avoir établi l'historique de cette

⁸ Citation de M.Minsky in CNIL, Communication de M. Philippe Lemoine relative à la Radio-Identification (Radio-Tags ou RFIDs): IV: Les enjeux de la radio identification, 30/10/2003

⁹ Ce type de circuit fait intervenir plusieurs entreprises, nous reviendrons plus en détails sur cette notion. Partie II : Chapitre IV : Utilisation de la technologie RFId dans un système en circuit ouvert, p.96

technologie, nous étudierons son architecture générale et ses principaux composants. Ensuite, nous exposerons les différentes normes et standards préconisés pour l'utilisation de cette technologie. Enfin, nous présenterons le paradigme global *Machine-To-Machine* dans lequel s'inscrit la RFID, ainsi que quelques technologies connexes.

La deuxième partie traitera des aspects liés aux déploiements de la RFID dans les organisations. Après avoir exposé l'infrastructure logicielle générique à mettre en place pour une utilisation optimale de la RFID, nous évoquerons le potentiel et les contraintes de celle-ci. Nous clôturerons cette partie en distinguant les divers types d'utilisation de la RFID et en présentant une étude de cas relative au déploiement de la RFID en circuit ouvert.

Dans la troisième et dernière partie, nous focaliserons notre regard sur le standard EPC. Celui-ci apparaît en effet comme l'élément central d'un déploiement de la RFID en circuit ouvert permettant la mise en place du futur Internet des objets. Vu l'importance cruciale de son rôle, il nous a semblé pertinent de procéder à son évaluation sous les angles technique, sécuritaire, économique et éthique, mais aussi de questionner les principes de gouvernance qui sous-tendent son fonctionnement. Partant de cette analyse, nous procéderons, enfin, à un exercice de prospective qui permettra d'envisager les scénarios possibles liés à l'avenir de la RFID en circuit ouvert.

PARTIE I

INTRODUCTION

La première partie de ce travail, composée de quatre chapitres, a pour objectif d'aborder les concepts clés liés au fonctionnement de la *Radio Frequency IDentification*.

Dans le premier chapitre, nous tenterons de parcourir les différentes technologies permettant l'identification automatique des objets et des personnes, dont fait partie la RFId. Nous aborderons ensuite, selon une approche historique, les origines de cette technologie et son évolution.

Le second chapitre sera consacré, quant à lui, à l'analyse des principes de fonctionnement des systèmes RFId, en vue d'en déduire les contraintes et les perspectives de la RFId dans un contexte pratique. Nous nous pencherons sur l'architecture des étiquettes et des lecteurs et nous examinerons les mécanismes et les protocoles mis en place lors d'une communication entre ces deux composants ainsi que les processus permettant d'assurer la gestion des collisions et l'intégrité des données. Ce chapitre se clôturera par une classification des étiquettes RFId.

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation des différents standards et normes, préconisés par les organismes internationaux, permettant de garantir une utilisation hétérogène des composants RFId.

Enfin nous présenterons, dans le quatrième chapitre, le paradigme global, appelé "Machine-to-Machine", dans lequel s'inscrit la RFId. Nous aborderons également des solutions RFId propriétaires qui utilisent d'autres technologies dans le but de pallier certaines contraintes liées à l'utilisation des systèmes RFId. Enfin, nous procéderons à une comparaison avec la technologie du code barres.

CHAPITRE I

L'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE

1. LES TECHNOLOGIES D'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE

Les fondements de notre société reposent sur l'identification des choses et celle des hommes. C'est désormais une tradition, voire une nécessité humaine, que de vouloir tout étiqueter. Ce phénomène a débuté lors de l'apparition de l'industrialisation. C'est en effet à ce moment que la gestion des chaînes de production s'est graduellement complexifiée, engendrant une multiplication et une diversification des produits. Les processus d'automatisation et d'identification des biens se sont graduellement imposés afin d'accroître les gains de productivité. De nos jours, dans un contexte de mondialisation, la possibilité d'identifier des objets est devenue obligatoire. La traçabilité est devenu un centre d'intérêt primordial dans le secteur industriel.

Passé le stade du formatage des données (numéro de registre national, adresse IP, coordonnées géographiques, code EAN, pour ne citer que quelques exemples) permettant l'identification, reste le fastidieux travail d'acquérir et d'interpréter celles-ci. Fastidieux humainement, car le nombre de choses à identifier va croissant, tout comme le temps lié à cette identification. C'est dans ce cadre que l'identification automatique prend tout son sens : elle permet d'alléger la tâche de traitement et de limiter les éventuelles erreurs dues à une intervention humaine.

Parmi les principales technologies permettant l'identification automatique on distingue deux grandes familles, selon que cette identification s'effectue avec ou sans contact.

1.1 L'identification automatique avec contact

L'identification avec contact nécessite un contact physique entre le dispositif d'identification et l'objet à identifier. Les applications type sont principalement utilisées dans les systèmes bancaires, dans les contrôles d'accès, dans les dispositifs téléphoniques, etc. Les cartes à puce permettent le stockage d'informations, voire le traitement de celles-ci (cartes à microprocesseur). Ce type de cartes doit être inséré dans un lecteur qui fournit l'énergie nécessaire à l'échange d'informations. Les données sont sécurisées par un accès limité en lecture ou en écriture. Cependant, la dégradation physique des cartes et de celle des lecteurs réduit la durée de vie de ce type de cartes.

Les technologies d'identification biométrique relèvent, elles aussi, de l'identification avec contact : l'identification par empreinte digitale, reconnaissance vocale ou identification de l'iris. Le lecteur compare, en moins d'une seconde, l'empreinte ou la voix enregistrée à différents modèles stockés en mémoire. Ces dispositifs ne s'appliquent qu'à des applications précises comme par exemple l'accès des personnes et leur mise en place s'avèrent être onéreuse.

1.2 L'identification automatique sans contact

L'identification automatique peut également s'effectuer sans contact physique, grâce à deux types de systèmes : les systèmes à vision d'optique (comme le code barre, la reconnaissance de caractères) et les systèmes à ondes radio.

Les systèmes à vision optique fonctionnent en vision directe, à l'aide d'un lecteur laser ou d'une caméra. Le code barre domine sans conteste l'identification automatique depuis plus de 20 ans. Son principe de fonctionnement est basé sur un système binaire, représenté par une séquence de barres vides et de barres pleines. L'étiquette comportant ces barres est lue par balayage optique, lors duquel le rayon laser est réfléchi de diverses façons, en fonction des barres noires et des espaces blancs scannés. Bien qu'étant peu coûteux et ancré dans notre quotidien, le code barre répond de moins en moins aux besoins d'évolutions en matière de suivi et de

logistique. De plus, ce système demande une manutention de l'objet et est très sensible à d'éventuelles détériorations.

Le fonctionnement des systèmes de reconnaissance optique de caractères repose, quant à lui, sur l'utilisation de polices de caractères lisibles par l'homme. Ce système est présent dans les services administratifs et bancaires essentiellement et sert, par exemple, au traitement des chèques et au tri automatique du courrier. La complexité des lecteurs et leur prix élevé rendent ce type de dispositif peu répandu.

Les systèmes à ondes radio, enfin, ont la particularité de pouvoir communiquer des informations à distance, par un signal radio. C'est dans cette catégorie que sont classées les puces à radio-identification, plus connues sous l'acronyme RFID, qui feront l'objet de ce mémoire. L'échange d'informations se produit entre un émetteur, appelé "étiquette", et un récepteur, appelé "lecteur".

Nous venons de le voir, les deux familles présentent divers avantages et inconvénients. Le succès du code barres provient de sa simplicité d'utilisation, de sa mise en place et de son prix relativement bas. La mise en place de systèmes à reconnaissance de caractères, tout comme celle d'identification biométrique, s'avère moins aisée et entraîne un coût relativement haut.

Comme le montre le tableau comparatif 1, sur le plan technologique, les systèmes à ondes radios, et plus particulièrement la RFID, semble proposer une gamme plus large de possibilités, ouvrant ainsi l'identification automatique à différents types d'applications.

FAMILLE	IDENTIFICATION SANS CONTACT			IDENTIFICATION AVEC CONTACT	
TECHNOLOGIE	Code barres	OCR	RFID	Carte à puce	Empreinte digitale
CAPACITÉ MÉMOIRE	Limité	Limité	Très grande	Grande	Aucune
RAPIDITÉ DE LECTURE	Lente (<4s)	Lente (<3s)	Rapide (<0.5s)	Lente (<4s)	Très lente (5-10s)
DISTANCE	Proche	Très proche	Variable	Contact	Contact
SÉCURITÉ	Non	Non	Possible	Possible	/
PRIX	Très bas	Moyen	Moyen	Moyen	Haut

Tableau 1 Tableau comparatif des différentes technologies d'identification automatique

2. LES ORIGINES ET L'ÉVOLUTION DE LA RFID

La technologie RFID est utilisée à grande échelle depuis une trentaine d'années notamment dans le secteur de la logistique, de l'identification du bétail et de la protection contre le vol.

L'histoire de cette technologie montre que la technologie RFID, bien que méconnue du grand public, semble être arrivée à maturité et qu'elle est en train d'investir notre quotidien.

2.1 Des ondes électromagnétiques à la technologie radio

Les principes de la technologie des puces à radio-identification trouvent leur origine au 19^{ème} siècle : en 1864, le physicien écossais James Clerk Maxwell (1831-1879), se référant aux travaux de Michael Faraday (1791-1867) et d'André-Marie Ampère (1775-1836), démontra formellement¹⁰ que l'électricité et le magnétisme pouvaient être unifiés en un seul phénomène : l'*électromagnétisme*. Peu de temps après, Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) mit en pratique l'existence des ondes électromagnétiques détectées par James Maxwell¹¹. Guglielmo Marconi (1874-1937) tenta, quant à lui, de transmettre un message sans recourir à une quelconque

¹⁰ Les équations de Maxwell, aussi appelées équations de Maxwell-Lorentz, sont des lois fondamentales de la physique. Elles constituent les postulats de base de l'électromagnétisme, avec l'expression de la force électromagnétique de Lorentz. [www.wikipédia] (Visité le 06/08/2007)

¹¹ [http://www.fondation-marconi.ch] (Visité le 06/08/2007)

connexion métallique entre l'émetteur et le récepteur. C'est en 1895 qu'il parvint à émettre un message sans fil sur une distance de 2,5 Km¹².

2.2 Premiers travaux et applications des puces à radio-identification

L'une des premières applications des puces à radio-identification fut développée en 1937, par l'U.S. Naval Research Laboratory : l'identification Friend-or-Foe (IFF¹³). Comme son nom l'indique, ce système permet de distinguer une unité ennemie d'une unité alliée. L'essor de cette technologie a pu permettre, d'un point de vue militaire, un traitement automatisé des avions ennemis en combat aérien en guidant les missiles directement sur l'avion ayant une signature ennemie. Cette technologie permettra par la suite de fonder les bases du contrôle du trafic aérien.

A cette période, l'utilisation de la technologie à radio-identification fut généralement limitée à des fins militaires et étudiée dans des laboratoires de recherche. L'un des premiers travaux, sur la technologie à radio identification est dû à Harry Stockman¹⁴ en 1948. Parmi les premiers travaux publiés on peut également citer ceux de F. L. Vernon¹⁵, de D.B. Harris¹⁶ et ceux de R.F Harrington¹⁷. Ces articles sont considérés comme les bases théoriques des puces à radio identification et décrivent les principes qui sont repris aujourd'hui avec des technologies plus performantes.

Entre les années 50 et le milieu des années 70, l'évolution technologique dans d'autres domaines – telle que l'invention des circuits intégrés¹⁸, des mémoires à puce¹⁹, des

¹² Gardiol F, Fournier Y, *Marconi ouvre la voie de la transmission sans fil* [<http://www.fondation-marconi.ch>] (Visité le 06/08/2007)

¹³ Soit littéralement " Identifier ami ou ennemi"

¹⁴ H. Stockman, *Communication by Means of Reflected Power*, Proceedings of the IRE, , (Octobre 1948), in Landt J, *Shrouds of Time : The history of RFID*, Pittsburg, AIM, 2005 , p. 1196.

¹⁵ F.L. Vernon, Jr., *Application of the Microwave Homodyne*, IRE Transactions on Antennas and Propagation AP-4, 110 (1952). In Ibid.

¹⁶ D. B. Harris, *Radio transmission systems with modulatable passive responder*, Brevet. In Ibid.

¹⁷ Harrington, R.F., *Field Measurements Using Active Scatterers (Correspondence)*, pp. 454- 455, 1963. in Ibid.

¹⁸ En 1958, Jack Kilby (1923-2005), alors employé par Texas Instruments, créait le tout premier circuit intégré.

¹⁹En 1971, L'ingénieur Dov Frohman _invente la mémoire EPROM (erasable programmable read-only memory).

langages de programmation de haut niveau –auront un impact majeur sur le développement futur des puces à radio-identification.

2.3 Incursion des puces à radio identification dans le monde du commerce

Les évolutions technologiques de la seconde moitié du 20^{ème} siècle et la diminution progressive des coûts de fabrication vont permettre la commercialisation des puces à radio-identification. Des compagnies telles que *Sensomatic* et *Checkpoint System* vont s'intéresser au système "Electronic Article Surveillance" (EAS), qui permet de lutter contre le vol.

Les puces EAS, réduites à une mémoire d'un bit (0/1), sont fixées à l'article à protéger et fonctionnent sans batterie (système passif). Elles sont conçues pour activer une alarme quand elles sont proches d'un lecteur (disposé à la sortie du magasin) qui détecte la présence d'un bit. Le coût de leur fabrication, de leur maintenance et de leur déploiement est peu élevé.

Dans les années '70 et '80, différentes industries vont financer des recherches et des projets afin d'insérer ces puces dans leurs systèmes. Des sociétés comme *Amtech* et *Identronix* misent sur l'implémentation de puces radios sur des animaux, qui permettraient de suivre les déplacements de ceux-ci, de mesurer leur température et de piloter des systèmes d'alimentation automatique du bétail.

Les avancées technologiques de cette période permettent une évolution des composants des puces à radio-identification (taille, puissance, etc.) mais restent le fruit de recherches internes aux entreprises. L'échange d'informations et la cohabitation de ces systèmes entre différentes sociétés sont donc difficiles.

Ce n'est qu'au début des années 1990 que des sociétés, conscientes des bénéfices d'une éventuelle standardisation, vont unir leurs efforts afin de rendre possibles l'interopérabilité et l'échange d'informations. A cette époque en effet, le système de péage de route électronique gagne en popularité en Europe et aux Etats-Unis. De

nombreuses agences de péage du nord des Etats-Unis²⁰ décident alors de s'associer dans le but de rendre compatibles les systèmes de péage de route électronique des différentes régions. Qu'ils soient identiques ou radicalement différents, ces systèmes peuvent communiquer sans ambiguïté et opérer ensemble.

Ce type de système se répand progressivement dans le monde entier. C'est à cette période qu'apparaissent les premiers tags²¹ à fonctions multiples (péage de l'autoroute, accès aux parkings de l'aéroport et de la ville, etc.).

2.4 Multiplication des puces à radio-identification

Vers la fin des années '90, les applications des puces à radio-identification se multiplient. Plusieurs plates-formes de recherche sont mises en place par différents grands industriels, tels que *Texas Instruments Registration and Identification System* (TIRIS), *Philips Semiconductor* et *EM Microelectronic*.

A cette époque, une nouvelle ère d'applications voit le jour, grâce à l'utilisation de l'ultra-haute fréquence. Ces applications nouvelles seront exploitées dans le domaine de la logistique et des chaînes d'approvisionnements. Des chaînes de grande distribution comme *Wall-Mart*, *Target*, *Metro Group*, mais aussi l'*US Department of Defense* (DOD), investissent massivement dans la technologie des puces à radio identification et imposent à leurs fournisseurs l'utilisation de ces puces afin de remplacer le code barre et de faciliter ainsi le contrôle, la logistique et la traçabilité des marchandises.

C'est à cette époque qu'est créé l'*Auto-ID Center* au Massachusetts Institute of Technology, à l'initiative de l'Uniform Code Council²². La mission de ce centre, dirigé

²⁰ Sous le nom de *EZ-Pass Interagency Group* [<http://www.ezpass.com/>] (Visité le 06/08/2007).. Le véhicule est muni d'une étiquette qui est lue lors du passage de celui-ci près d'un lecteur (cabine de péage) ; le compte bancaire du conducteur est alors directement débité L'Europe travaille également sur normalisation du péage électronique des autoroutes par puce à radio-identification [<http://www.cen.eu>] (Visité le 06/08/2007)

²¹ ToolTag (Dallas) permettant de payer l'autoroute et de donner accès aux parkings de l'aéroport et de la ville.

par les Professeurs David Brock et Sanjay Sarma, est de mettre en place un réseau global normalisé permettant d'étiqueter et de suivre tout ce qui peut être expédié, stocké, vendu à travers le monde. Les travaux de recherches menés dans ce centre mais aussi dans divers laboratoires (d'Australie, du Japon, de Suisse) permettent la création, en 2003, d'une norme commune d'identification : il s'agit de l'*Electronic Product Code* (EPC).

L'*Auto-Id Center* devient *EPCglobal*²³ en 2003, une institution destinée à promouvoir et à encourager l'utilisation de la norme EPC dans le monde. En décembre 2004, l'*EPCglobal* édite une seconde génération de sa norme, qui spécifie non seulement un format commun pour les numéros des produits mais qui crée également un système complet, un réseau d'informations, une architecture permettant d'élaborer ce que l'on appelle "l'Internet des objets".

2.5 L'émergence d'un nouveau paradigme de la communication

Progressivement émerge l'idée d'utiliser la technologie des puces à radio-identification comme média entre un objet et une base de données sur Internet. Comme le souligne Lara Srivastava, responsable du *New Initiatives Program* de l'Unité "Stratégie et Politique de l'Union Internationale des Télécommunications" à Genève, *[c]ette évolution ouvre une nouvelle dimension dans le monde de l'information et de la communication : n'importe quand, n'importe où, nous pourrions maintenant être connectés à n'importe quoi.* ²⁴

Grâce à l'Internet des objets, les choses pourront communiquer entre elles via Internet, mettre à jour des informations dans la base de données et nous permettre d'établir une communication avec elles.

²² Gestionnaire de l'*Universal Product Code* (UPC) et de l'*Efficient Article Numbering International* (EANI) et normalisateur européen du code barre, soutenu par des partenaires économiques (Gillette, Procter & Gamble, Cisco, Hp etc.)

²³ [<http://www.epcglobalinc.org>] (Visité le 07/08/2007)

²⁴ Srivastava L, *L'Internet des objets : L'ubiquité des technologies tendance et conséquence*, Itu Internet Report 2005: The Internet of Things – Executive Summary, 11/12/2006.

L'Internet actuel repose sur le protocole IPv4 et permet d'identifier de manière unique 2^{32} entités sur la toile. L'évolution de ce protocole (IPv6) va permettre de donner des identifiants à 2^{128} entités. Les objets pourront ainsi avoir leur propre adresse permettant de les identifier sur Internet.

La miniaturisation²⁶ des composants des puces à radio-identification et la mise en place de middlewares permettront prochainement la réalisation et l'intégration de ce nouveau concept. A travers ce paradigme se dessine un immense champ de futures applications : au-delà de tous les bénéfices que nous prédisent ces applications, certaines associations d'individus s'interrogent quant aux conséquences de l'incursion de cette technologie dans la sphère privée. Ces objets pourront en effet communiquer différentes informations à notre insu, voire établir une sorte de carte d'identité de l'individu²⁷. La future incursion des puces à radio identification dans notre quotidien soulève incontestablement des questionnements sur les plans politique, éthique et juridique.

²⁵ Soit 4 milliards d'adresses dont 70% sont déjà utilisées.

²⁶ La firme Hitachi produit une puce RFID "MU-Chip" de 0,05 x 0,05 mm embarquant une mémoire ROM de 128 bits [http://www.hitachi-eu.com/mu/products/mu_chip.htm] (Visité le 07/08/2007)

²⁷ GS1, *L'Internet des choses : Actes de conférences*, Université d'été Nantes, pp.7-17, 26/08/2006

CHAPITRE II

L'ARCHITECTURE D'UN SYSTÈME RFID

Un système RFID se compose d'un lecteur qui transmet un signal, selon une fréquence définie à une ou plusieurs étiquettes présentes dans son champ de lecture. Ces étiquettes "s'éveillent" lors de leur passage dans le champ du lecteur et établissent un dialogue avec le lecteur selon un protocole de communication déterminé, permettant l'échange de données. Le signal qui établit la communication entre les différents composants d'un système RFID est une onde électromagnétique véhiculant des informations à certaines fréquences.

Le mode de communication du système RFID repose sur les fondements des technologies à ondes radios qui partagent le spectre électromagnétique (figure 1) , au même titre que les rayons gamma, rayons X, rayons UV, rayon lumineux et les rayons infrarouges. La technologie RFID utilise une portion de ce spectre qui va de 125Khz à 5.3Ghz. Ce mode de communication est régi par des lois physiques et l'usage des fréquences utilisées est réglementé par des organismes internationaux et nationaux de régulations (IBPT pour la Belgique). D'autres appareils (GSM, télévisions, réseaux Wifi, etc.) partagent ces ondes radios, ce qui entraîne des perturbations de l'environnement dont les influences sur la santé sont encore méconnues.

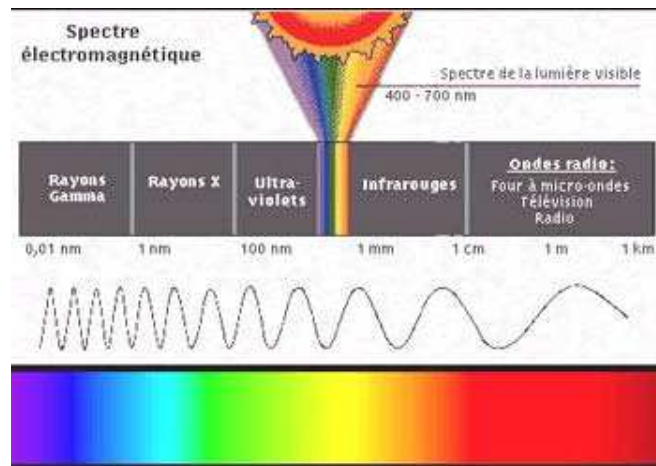


Figure 1 Spectre de fréquence onde électromagnétique²⁸

1. COMPOSANTS D'UN SYSTÈME RFID

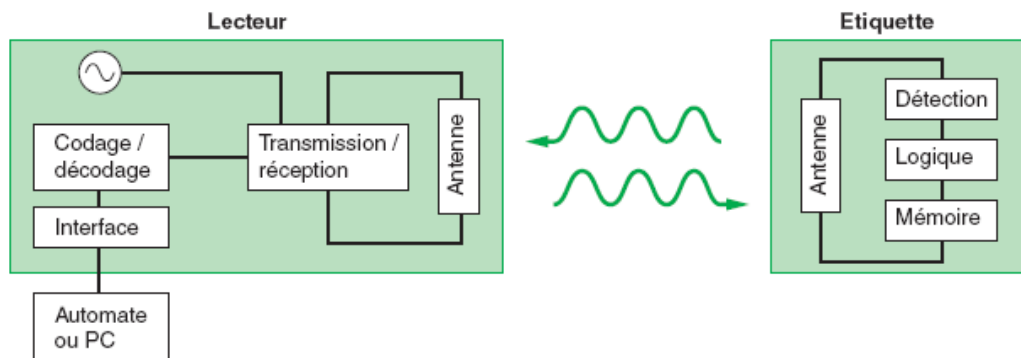


Figure 2 Composants RFID²⁹

1.1 Les composants de l'étiquette

L'étiquette, également appelée "Tag" ou "Transpondeur"³⁰, comprend :

1. une partie logique composée d'une puce électronique intégrant les fonctions de communication et de mémoire pour dialoguer à distance avec un lecteur.
2. une partie analogique assurant la réception et l'émission d'un signal.

²⁸ [<http://fr.wikipedia.org>] (Visité le 10/08/2007)

²⁹ Daniau V, *Acquisition des données : La détection-RFId*, pp. 22-26, Cahier technique n° 209, Schneider electric, 01/09/ 2005.

³⁰ Contraction des mots "transmetteur" et "répondeur".

Elle est généralement constituée d'un support ou collée sur un film en plastique. Elle peut être alimentée par une batterie interne et disposer de capteurs visant la détection de chocs, le calcul de la pression, la mesure de la température, GPS, etc.).

1.1.1 La logique de traitement

Le circuit logique est l'interface entre les informations reçues par l'antenne et la mémoire. Cette unité logique veille à vérifier la concordance et le format des trames de données échangées entre l'étiquette et le lecteur, ainsi qu'à contrôler l'intégrité de ces informations. Certaines étiquettes disposent d'une unité logique plus complète, avec plus de fonctionnalités et permettant, par exemple, une sécurité des échanges et une gestion des collisions plus accrues. La complexité de l'unité logique est variable en fonction de son application et du traitement des informations.

Il convient de distinguer deux types d'architecture³¹:

a) Architecture sans circuit logique

Ce type d'architecture se repose sur un design utilisant des propriétés physiques. Les données de ces étiquettes sont encodées de manière permanente et sont préalablement écrites par le fabricant de l'étiquette. Ce type d'étiquettes fonctionne en lecture seule : les données ne peuvent être effacées ou modifiées ; elles correspondent généralement à un état (étiquette 1-Bit, système EAS) ou à un numéro de série unique de quelques bits (32 bits pour le système SAW³²). Ce type de système n'intègre pas d'intelligence quant au traitement de l'information, son utilisation est donc limitée à certaines applications comme la surveillance électronique d'articles et l'identification d'animaux.

³¹ Finkenzeller K, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*, pp. 273-309, John Wiley & Sons, England, 2003.

³² Surface Acoustic Wave

b) Architecture avec circuit logique

Ce type d'architecture comporte un processeur (machine à état, microprocesseur) permettant un traitement plus complexe des données, un cryptage des échanges avec le lecteur, une gestion des collisions, etc. Ce processeur peut communiquer avec un capteur afin de calculer et de mesurer différentes informations, élargissant de la sorte le champ d'application des étiquettes. La conception de ces étiquettes doit prendre en compte les problèmes liés à l'alimentation de ces systèmes.

1.1.2 La mémoire

Les capacités mémoire des étiquettes varient de quelques octets à plusieurs dizaines de kilo-octets. Leur mode de fonctionnement³³ est étroitement lié au circuit logique.

On distingue trois principaux types de mémoire:

- a) **lecture seule** : l'information est écrite par le fabricant de l'étiquette, elle ne peut être ni modifiée, ni effacée.
- b) **écriture unique**: l'information est écrite par l'utilisateur ; l'étiquette est donc livrée vierge et, une fois l'écriture effectuée, sera en lecture seule.
- c) **lectures et écritures multiples** : l'étiquette, fournie vierge à l'utilisateur, peut être écrite, modifiée, effacée, complétée plusieurs fois (dans les limites de la technologie utilisée) et lue à plusieurs reprises.

Plusieurs types de mémoire peuvent être utilisés pour stocker des informations. Le tableau 2 reprend différents types de mémoire utilisés pour la RFID:

³³ Henri-Tudor, *La technologie RFID*, Rapport du Centre de Recherches Publiques Henri-Tudor, 22 /09/2005.

Type de mémoire		ROM ReadOnly Memory	RAM Random Access Memory	EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	FeRAM Ferromagnetic Random Access Memory
Fonctionnement		Lecture seule	Lecture-Ecriture	Lecture-Ecriture	Lecture-Ecriture
Caractéristiques	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance à une température élevée • Prix peu élevé 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre illimité de lectures/écritures • Capacité élevée. • Temps d'accès court 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne nécessite pas de pile ou de batterie de sauvegarde 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité élevée • Temps d'accès court. • Ne nécessite pas de pile
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'écriture possible 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite une pile ou de batterie de sauvegarde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps d'accès relativement long • Ecriture limitée • Grosse consommation d'énergie pour l'écriture. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitation d'écriture • Problème de fabrication dû à sa nouveauté

Tableau 2 Mémoires des systèmes RFID

1.1.3 L'alimentation

Certaines étiquettes nécessitent une alimentation³⁴. Les étiquettes sans batterie ne disposent pas d'alimentation interne, mais exploitent l'énergie apportée par l'onde que le lecteur envoie par des phénomènes d'induction électromagnétique (étiquette "télé-alimentée").

Les étiquettes avec batterie, quant à elles, possèdent leur alimentation propre, avec ou sans dispositif de recharge par pile ou par batterie. Si ce type d'étiquette implique plus de contraintes de taille, d'autonomie, il permet d'augmenter la capacité des composants (portée de l'émission, cryptographie du signal, etc.) et d'en élargir le champ d'application.

³⁴ Comme le souligne Christophe Jovelin : « les termes passif, actif, et semi-passif sont maladroitement associés au mode d'alimentation des étiquettes plutôt qu'aux dispositifs radio dont ceux-ci peuvent être équipés » in Jovelin C, *Mémoire de terminologie et de traduction : RFID les systèmes d'identification par onde radio*, Université Paris 7 Denis Diderot, p. 24

Notons enfin que certaines étiquettes sont équipées d'une batterie qui sert strictement à alimenter l'unité logique de traitement.

1.1.4 Le dispositif radio

Les étiquettes de nature active comportent un dispositif radio leur permettant de prendre l'initiative de l'échange de données à une fréquence donnée avec un lecteur distant. A contrario, on trouve des étiquettes de nature passive qui dépendent de l'onde émise par le lecteur pour communiquer avec celui-ci. Des contraintes de taille, de distance et de prix sont à prendre en compte lors du choix de ces étiquettes.

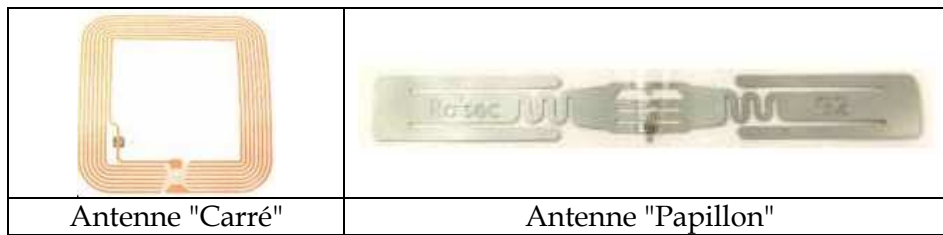
1.1.5 L'antenne

L'antenne a deux rôles essentiels : dans un premier temps, elle active l'étiquette (si celle-ci est de nature passive) et, dans un second temps, elle transmet les données à distance en émettant des ondes. L'antenne doit être adaptée à la fréquence de l'onde porteuse, aussi peut-elle se présenter sous différentes formes.

La dimension de l'antenne dépend de la fréquence à laquelle elle doit fonctionner. Plus la fréquence porteuse est basse, plus le nombre de tours de l'antenne doit être important pour créer le voltage nécessaire à l'alimentation de la puce. Une antenne qui fonctionne à 125 KHz, par exemple, aura un nombre de tours de bobine et une dimension plus importants qu'une antenne à 13.56 MHz.

Les antennes peuvent être, selon le type de fréquence, bobinées ou imprimées. Ces dernières, souvent composées de cuivre, sont déposées sur l'étiquette par ultrason (système de vibration), ce qui en réduit le coût. La connexion entre la puce et l'antenne est assurée par des encres conductrices, contenant de l'argent ou du graphite³⁵.

³⁵ Cavel S, Millet C, *Les étiquettes RFID*, Mémoire élèves Ingénieurs 2eme année EFPG.

Tableau 3 Différents types d'antennes³⁶

1.1.6 Le support

Une étiquette est habituellement associée à un objet dont elle permet l'identification. Elle est généralement contenue dans un support qui peut assurer une fonction protectrice³⁷ et augmenter les capacités de l'étiquette.

La taille et la matière du support employé peuvent varier. Les principaux formats sont les suivants :

- Les étiquettes classiques, qui sont disposées sur certains articles (livre, articles vidéo et audio, etc.) présents dans la grande distribution. Ce type d'étiquettes n'a pas une fonction d'identification mais plutôt de protection de l'objet contre le vol (système EAS) ;
- Les étiquettes "bouton", en plastique, qui sont principalement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire afin d'identifier le bétail (et sont alors attachées à l'oreille de l'animal) ;
- Les étiquettes imprimées qui seront apposées sur des palettes ou des containers, fortement utilisées dans la logistique ;
- Les étiquettes encapsulées dans divers types d'emballage, qui résistent mieux à la corrosion d'un milieu humide (par exemple, les cartes de crédits).

³⁶ Guillemain C, *Les RFID rayonnent au Salon traçabilité 2007*, ZDNet France, 25/01/2007.

³⁷ L'étiquette peut par exemple être moulée dans un tube de verre pour être injectée sous la peau [<http://www.verichipcorp.com/content/company/rfidtags#implantable>] (visité le 05/09/2007)





			
Etiquette "Classique" Exemple : EAS (source:en.wikipedia.org)	Etiquette "Bouton" Exemple : identification d'animaux (source:cattlestore.com)	Etiquette "Imprimée" Exemple: Logistique (source:rfidea.com)	Etiquette "Encapsulée" (source:rfidea.com)

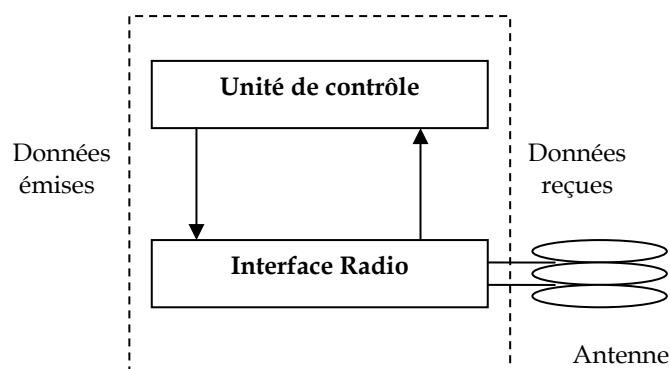
Tableau 4 Différentes étiquettes

1.2 Les composants du lecteur

Le lecteur a pour rôle d'interroger les différentes étiquettes présentes dans son champ de lecture. Il peut, selon les cas, fournir une alimentation et écrire des informations au sein de ces étiquettes.

L'architecture matérielle du lecteur comporte deux parties³⁸ :

- Une partie analogique (interface radio) qui a pour but d'assurer les réceptions et transmissions des ondes radios ;
- Une partie numérique (unité de contrôle) qui assure la gestion du protocole de communication avec l'étiquette et permet le traitement et le contrôle des ondes radios.



³⁸ Finkenzeller K, op.cit., pp. 309-329.

1.2.1 L'interface radio

L'interface radio correspond à la partie analogique du lecteur. Son rôle est de générer une onde radio afin d'activer l'étiquette et de la télé-alimenter.

Cette interface a pour rôle de moduler le signal de transmission afin d'émettre des informations vers l'étiquette mais aussi de filtrer, d'amplifier et démoduler le signal reçu afin de mettre l'information à disposition de l'unité de contrôle.

1.2.2 L'unité de contrôle

L'unité de contrôle correspond à la partie numérique du lecteur. Elle assure le contrôle du protocole de communication avec les étiquettes, code et décode les informations et, enfin, elle gère la communication ainsi que l'exécution des commandes émises par l'application logicielle.

Le type de lecteur varie en fonction de l'application souhaitée. Le tableau 5 reprend différents formats de lecteur RFID:

		
Lecteur UHF "Classique" Source: alientechnology.com	Lecteur UHF "Portable" Source : nordicid.com	Lecteur RFID NFC "Gsm" Source:nokia.com

Tableau 5 Différents formats de lecteurs

1.3 Principes de fonctionnements d'un système RFID

1.3.1 Le type de fréquence

Le type de fréquence varie en fonction du type d'application. Ces fréquences pourraient être classées en deux catégories³⁹ :

- **les champs proches** : la longueur d'ondes des fréquences dépend de la distance de fonctionnement envisagée. Cette catégorie regroupe les Basses Fréquences (BF), comprises entre 125Khz et 134Khz, et les Hautes Fréquences(HF), correspondantes à 13.56 Mhz. Les problèmes liés à l'environnement sont quantifiables et sont assez bien modélisés.
- **les champs lointains** : la longueur d'ondes des fréquences est petite par rapport à la distance de fonctionnement envisagée. Cette catégorie regroupe les Ultra-Hautes Fréquences (UHF) comprises entre 850Mhz et 950Mhz et les micro-ondes, correspondants à 2.45Ghz. Les problèmes liés à l'environnement sont souvent difficiles à cerner (phénomènes d'absorption, réflexions parasites, humidité ambiante, etc.).

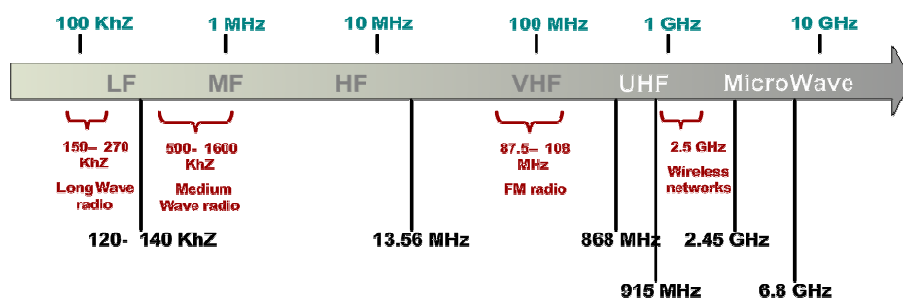


Figure 3 Les fréquences radios

³⁹ Sweeney P, *RFID for dummies*, pp. 81-86, Wiley Publishing, Indiana, USA, 2005.

FRÉQUENCE	DISTANCE	IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT		DÉBIT	EXEMPLE D'APPLICATIONS TYPES
		Perturbation	Atténuation		
[BF] 125Khz- 134Khz	quelques décimètres	métal		lent 60-200bits/sec	identification des animaux
[HF] 13.56Mhz	de l'ordre de 0,5 mètre	métal	eau/liquide corps humain	rapide 25-100kbits/sec	contrôle d'accès, paiement
[UHF] 850Mhz- 950Mhz	quelques mètres		métal eau/liquide corps humain	rapide 28kbits/sec	gestion des produits dans la distribution
[SHF] 2.45Ghz - 5.8Ghz	une dizaine de mètres	eau/liquide corps humain	métal	très rapide 100kbits- 1mbits/sec	péage autoroute

Tableau 6 Caractéristiques des différentes fréquences

Les puissances d'émission⁴⁰ et les fréquences utilisées varient en fonction des pays. En Europe, l'unité est le Watt, calculé en ERP (*Effective Radiated Power*), alors que, en Amérique, l'unité est toujours le Watt mais cette fois calculée en EIRP (*Equivalent Isotropic Radiated Power*). La norme européenne autorisant 2 Watts ERP correspond en réalité à $2 \times 1.62 = 3.24$ Watts EIRP, à comparer aux 4 Watts EIRP admissibles aux USA par exemple.

En ce qui concerne les plages de fréquences, on ne peut utiliser que les plages réservées aux applications industrielles, scientifiques ou médicales (plage de fréquences "*Industrial-Scientific-Medical*"). Trois grandes zones ont été définies : Amérique du Nord, Europe, et reste du monde. A chaque zone et à chaque fréquence correspond une tranche autorisée de spectre d'émission dans lequel chaque système RFID doit s'inscrire.

⁴⁰ Dans le cas d'un couplage inductif dit de "champ proche", on parlera d'intensité maximum du champ exprimé en dBμA/m (decibel-microampère par mètre). Dans le cas du couplage électromagnétique dit de "champ lointain", on parlera de puissance maximum d'émission. In [[http:// www.filrfid.org/archive-07-2006.html](http://www.filrfid.org/archive-07-2006.html)] (Visité le 16/10/2007)

1.3.2 La portée et le couplage⁴¹

Le couplage est étroitement lié à la fréquence et à la portée du système, qui peut varier de quelques millimètres à plusieurs mètres. On distingue trois systèmes de couplage entre le lecteur et l'étiquette :

a) Systèmes à couplage rapproché

Le champ électromagnétique généré par l'antenne du lecteur télé-alimente le circuit électronique de l'étiquette, en exploitant les phénomènes d'inductions créés par le champ magnétique émis par le lecteur. Dans ce cas, les étiquettes sont généralement de nature passive. Cette technique impose une distance réduite entre le lecteur et les étiquettes ainsi que l'utilisation de certaines fréquences, dites de "champs proches", allant de 120Khz à 135Khz en basses fréquences et 13.56Mhz en haute fréquence. L'énergie disponible est importante et permet l'utilisation d'un microprocesseur. C'est pour cette raison que ces systèmes sont présents dans des applications qui utilisent le chiffrement.

b) Systèmes à couplage distant

La portée de ces systèmes n'excède pas 1 mètre. Ces derniers fonctionnent aussi avec des champs électromagnétiques, et procurent, par induction, de l'énergie à l'étiquette. Cependant l'énergie émise est altérée et est donc moins importante que dans un système à couplage rapproché. Ces systèmes représentent la majorité des systèmes RFID ; les fréquences généralement utilisées sont 135 Khz et 13.56 Mhz.

⁴¹ Himanshu B Glover B, *RFID Essentials*, "Chapter three: Tag : 3.4.5 coupling", O'Reilly, California, USA, 2006 [CD-Rom] & Finkenzeller K, op.cit., pp. 309-329.

c) Systèmes longue portée

En utilisant les propriétés propagatrices du champ électrique, il est possible de transporter sur plusieurs mètres de l'énergie et des données d'un lecteur vers une étiquette et inversement. Cette technique peut être utilisée dans le cas de champs lointains compris entre 100Mhz dans les Ultra-Hautes fréquences et 6Ghz dans les Hyper-Fréquences. Les tags sont trop éloignés pour fonctionner par induction. Le lecteur émet une onde puissante, et observe la manière dont elle est réfléchiée par l'étiquette.

En fonction du type de fréquence et de la distance de portée souhaitée (au-delà de 10 mètres), les étiquettes nécessitent une alimentation et un émetteur radio interne plus ou moins puissants pour communiquer avec le lecteur.

1.3.3 La transmission d'informations

a) Protocole et mode de communication

Le protocole de communication définit la manière dont l'échange d'informations est initié par les entités. On en distingue deux types :

1 Le protocole Transpondeur Talks First (TTF)

L'étiquette prend l'initiative de débiter la communication dès qu'elle est présente dans le champ émis par le lecteur. Ce champ émis en permanence correspond à un signal porteur non modulé. L'étiquette intègre le signal porteur et envoie une information au lecteur. Celui-ci fait varier la modulation du signal pour indiquer à l'étiquette le succès de l'échange. La communication est dès lors établie.

Comme le souligne Th. Huault⁴², ce type de protocole " *va permettre de n'encombrer qu'une faible portion de la bande passante, produisant une interférence minimale pour les*

⁴² Huault T, *Recherche optique et radio-fréquence, Systèmes RFID*, Publication Master, 2005-2006.

autres utilisateurs du spectre RF. Un grand nombre d'étiquettes vont pouvoir opérer autour du lecteur."

2 Le protocole Reader Talks First (RTF)

Les étiquettes présentes dans le champ d'action du lecteur sont alimentées par le signal permanent émis par le lecteur. Elles se mettent ensuite en attente d'un ordre d'identification envoyé successivement à chacune d'entre elles.

Le mode de communication définit, quant à lui, la manière dont l'échange d'informations s'opère entre deux entités. Dans les systèmes RFID, on distingue principalement deux modes :

1 Le mode Half Duplex (HDX)

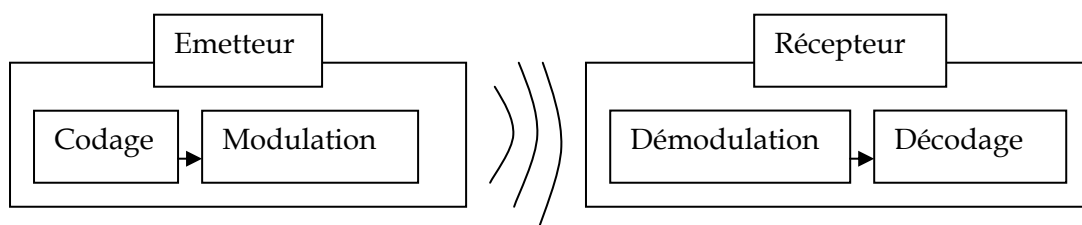
La communication se fait en alternance sur un seul canal de communication. Chaque extrémité émet à son tour (exemple : Talkie-walkie).

2 Le mode Full Duplex (FDX)

La communication est bidirectionnelle, chaque extrémité pouvant à la fois émettre et recevoir. La bande passante est donc divisée en deux, ce qui complexifie les contrôles de protocole (exemple : communication téléphonique).

Dans les modes de communication HDX et FDX, le transfert d'énergie procuré par le lecteur est continu. Finkenzeller⁴³ distingue un troisième mode, dit "séquentiel" (SEQ), qui limite le transfert d'énergie par périodes entrecoupées de pauses.

b) Le codage et la modulation



⁴³ Finkenzeller K, op.cit., p. 41

Dans un premier temps, le message à émettre passe par une phase de codage, qui consiste à préparer l'information (interférence, collision, etc.) en fonction des caractéristiques propres au canal de transmission utilisé pour la véhiculer. L'information initiale, qui est au format binaire, peut être représentée par une multitude de codages différents ayant leurs particularités propres.

Dans les systèmes RFID, on trouve par exemple les codages suivants :

1 Codage NRZ

Cette méthode de codage est proche du flux binaire, elle correspond à émettre une tension par état de donnée.

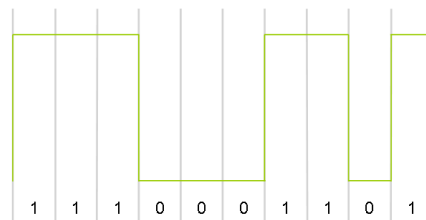


Figure 4 Exemple de codage NRZ⁴⁴

2 Codage de Manchester

Chaque intervalle de temps représentatif d'un bit est divisé en deux sous-intervalles égaux. L'on représente l'état 1 par une tension V1 suivie d'une tension V0 par intervalle et inversement pour représenter l'état 0.

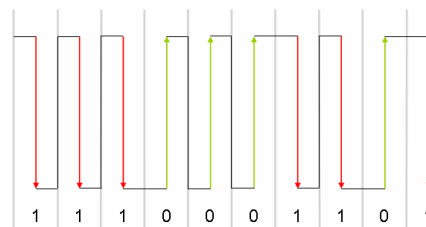


Figure 5 Exemple de codage de Manchester⁴⁵

⁴⁴ [<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Nrz.png>] (Visité le 16/08/2007)

⁴⁵ [<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2e/Manchesterencoding.png>] (Visité le 16/08/2007)

Une fois le codage effectué, l'information est transformée pour la transmission réelle. L'énergie électromagnétique qui est utilisée dans le circuit, c'est-à-dire l'onde radio, doit être modulée. A partir de la fréquence standard (ou porteuse) émise, on fait varier l'amplitude (ASK, *Amplitude-Shift Keying*), la fréquence (FSK, *Frequency Shift Keying*) ou la phase (PSK, *Phase Shift Keying*) de celle-ci.

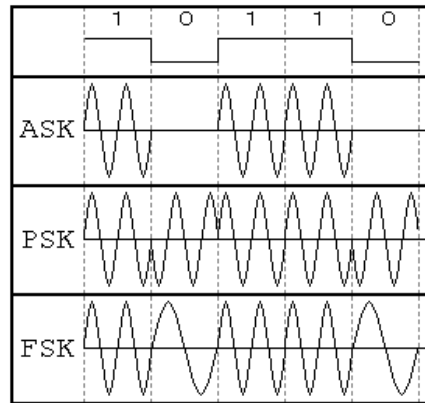


Figure 6 Différents types de modulation

Un fois l'information transmise le lecteur procède à une démodulation et à un décodage pour en restituer le message initial.

1.3.4 L'intégrité des données

Dans les technologies RFID, lorsque des données sont échangées, de nombreuses interférences peuvent induire en erreur la transmission d'informations. Le lecteur doit donc pouvoir détecter les problèmes de transmission et essayer de les réparer. Une somme de contrôles ("*Checksum*") peut être utilisée pour intercepter une erreur et établir une correction.

a) Contrôle de parité (VRC "*Vertical Redundancy Checking*")

Le contrôle de parité est le plus simple à mettre en place mais également le plus pauvre. Dans sa version la plus élémentaire, il consiste à introduire un bit

supplémentaire dans une séquence de 7 bits afin de déterminer si la séquence est paire ou impaire.

1	1	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---

Dans cet exemple, le nombre de bit positionné à 1 est impair. On a donc un bit de parité de valeur 1. Mais ce système ne détecterait pas les erreurs si deux bits étaient modifiés simultanément lors du transport des données. De plus, il ne permet pas de corriger l'erreur une fois détectée.

b) Contrôle de parité croisée (LRC "Longitudinal Redundancy Check")

Ce système consiste en un double contrôle de parité en lignes et en colonnes d'un bloc de bits.

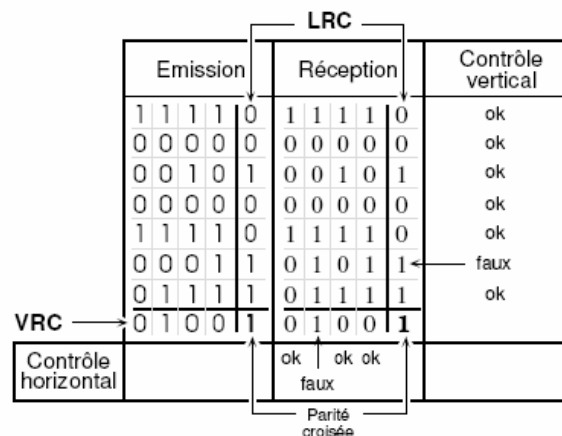


Figure 7 Exemple procédure LRC⁴⁶

⁴⁶ Guizol J, *Architecture des ordinateurs : Numération, codage et précision*, cours de 1^{er} licence en informatique de Faculté des Sciences de Luminy, Département d'informatique.

Dans cet exemple, le bit situé à l'intersection des deux contrôles négatifs doit être inversé.

c) Contrôle de redondance cyclique (CRC *Cyclic Redundancy Check*)

Ce système consiste à associer à un bloc de données un code de contrôle qui est constitué d'éléments redondants permettant de détecter une éventuelle erreur. Le code de contrôle traite le bloc de données comme des polynômes binaires. Par exemple, 1010101 désigne le polynôme $X^6+X^4+X^2+X^0$. L'émetteur et le récepteur travaillent sur un polynôme générateur $G(X)$ de degré r qui va servir au codage et au décodage de l'information. L'émetteur doit ensuite réaliser un algorithme sur le bloc de données à envoyer, afin de générer un code de contrôle et de transmettre les données. Ensuite, le récepteur effectue le même calcul afin de vérifier l'intégrité des données.

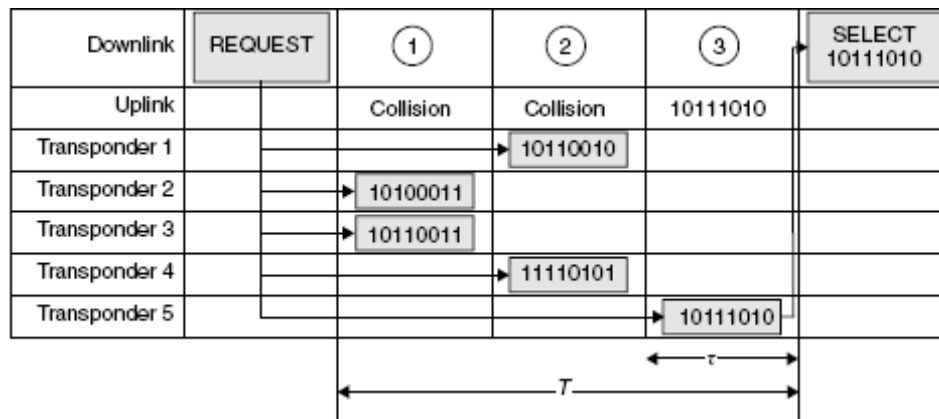
Bien que le processus puisse paraître complexe, les calculs arithmétiques à opérer sont, bien entendu, réalisés très rapidement par l'unité de calcul.

1.3.5 La gestion des collisions

Dans un système RFID, il arrive fréquemment que plusieurs étiquettes soient dans le champ de lecture d'un lecteur. Lorsque les étiquettes répondent simultanément à la requête du lecteur, on parle de communication à accès multiples.

Afin d'identifier l'ensemble des signaux émis, une procédure d'anti-collision doit être prévue. La plus répandue⁴⁷ repose sur le protocole Aloha à allocation temporelle. Ce protocole part du principe que les données échangées sont de même taille et que les étiquettes sont synchronisées.

⁴⁷ Le protocole est préconisé par l'ISO 18000-6 Type B et retenu par l'EPC pour le standard Gen2.

Figure 8 Le système d'anti-collision Aloha à allocation temporelle⁴⁸

Dans le système anti-collision Aloha à allocation temporelle, le lecteur émet un nombre d'intervalle de temps ainsi que la commande "REQUEST" aux étiquettes présentes dans son champ de lecture. Ces dernières vont choisir aléatoirement l'un de ces intervalles de temps et se préparer à envoyer leur numéro d'identification unique. Lorsque le lecteur reçoit une identification correcte pendant un intervalle de temps déterminé, il le signale immédiatement à l'étiquette concernée ainsi qu'aux autres par une commande "SELECT (ID_Etiquette)". Il opère toutes les instructions avec l'étiquette choisie et puis l'"endort". Dans le cas où deux ou plusieurs étiquettes émettent une information simultanément, le lecteur ne fait rien et relance une nouvelle commande "REQUEST". Dans le cas d'une trop grande fréquence de collisions, le nombre d'intervalles peut parfois être réévalué par le lecteur.

1.3.6 La sécurité des données

Les échanges d'informations s'effectuent par le biais d'ondes électromagnétiques présentes dans l'air et doivent donc être sécurisés. La confidentialité et l'intégrité des données sont assurées par des techniques d'authentification dynamiques et de cryptage des données.

Ces mécanismes de sécurisation sont coûteux en ressources et demandent une complexification de l'unité logique des étiquettes.

⁴⁸ Finkenzeller K, op.cit., p. 211

Le premier niveau de sécurité consiste à mettre en place une procédure d'authentification, dont le but est de s'assurer que les éléments (étiquettes, lecteurs) en présence sont connus les uns des autres, afin d'éviter l'incursion d'un espion dans le système. Le second niveau a pour objectif de crypter l'échange afin d'éviter l'écoute des informations transmises. Dans les systèmes RFID, le protocole utilisé est le protocole d'"authentification mutuelle symétrique", qui repose sur le principe d'un secret commun. Ce secret est une clé qui va permettre le cryptage et le décryptage de l'information à transmettre.

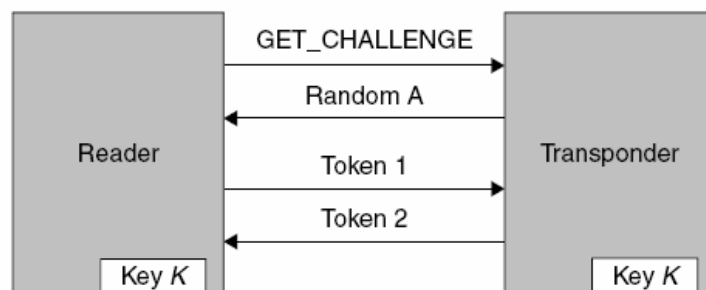


Figure 9 Procédure d'authentification mutuelle entre un lecteur et une étiquette⁴⁹

Exemple de procédure d'authentification :

1. Le lecteur émet une commande GET_CHALLENGE à l'étiquette.
2. L'étiquette émet un nombre aléatoire (RA) au lecteur.
3. Le lecteur génère un nombre aléatoire (RB).
4. En utilisant l'algorithme et la clé commune (Fk), le lecteur calcule un bloc de données, appelées "jeton", contenant le nombre de l'étiquette et le nombre qu'il vient de gérer. [Jeton := Fk(RB,RA')]
5. Le lecteur transmet le jeton à l'étiquette.
6. L'étiquette décrypte le jeton et compare le nombre reçu au nombre préalablement géré. Dans le cas d'un succès l'étiquette est assurée d'avoir identifié le bon lecteur. Elle transmet alors un autre jeton crypté contenant un nouveau nombre aléatoire (RA2), et le nombre précédemment envoyé par le lecteur (RB'). [Jeton2:=Fk(RA2,RB')]

⁴⁹ Finkenzeller K, op.cit., p. 222

7. Le lecteur décrypte l'information et compare le nombre contenu dans le texte. Dans le cas d'un succès, l'authentification est terminée, l'échange va pouvoir débuter.

L'algorithme de cryptage peut varier et dépend de la politique de sécurité. Dans le cas d'une utilisation en "circuit fermé", c'est-à-dire ne faisant intervenir qu'un seul utilisateur, le système peut être sécurisé de manière "propriétaire", et donc recourir à des méthodes et à des algorithmes "maison". L'avantage est de limiter les calculs (taille des clés réduite à, par exemple, 40bits), et d'avoir une architecture des étiquettes calquée sur le fonctionnement de l'algorithme propriétaire. Dans le cas d'une utilisation en "circuit ouvert", c'est-à-dire faisant intervenir plusieurs acteurs, on aura recours à des algorithmes plus complexes (RSA, DES) ayant déjà fait leur preuve mais plus lourds.

1.4 Classification des systèmes RFId

Comme nous l'avons constaté, les systèmes RFId et plus particulièrement les étiquettes présentent une gamme de possibilités d'évolution très riche. En fonction du type d'application choisie, la fréquence d'émission, la nature de l'étiquette, les capacités de traitement et de stockage mais aussi la sécurité des données seront des éléments déterminants pour la mise en place d'un système RFId.

Klaus Finkenzeller distingue trois catégories de modèles d'étiquettes RFId⁵⁰ :

1. Les modèles simples

Les modèles simples disposent d'une capacité de traitement et d'une mémoire limitée à une lecture seule. Ils fonctionnent sur tout type de fréquences. Ils sont principalement présents dans les applications typiques de surveillance d'articles ou d'identification animale, mais aussi dans le domaine de la logistique car un identifiant peut être suffisant pour accéder à une base de données. Cette catégorie

⁵⁰ Finkenzeller K, op.cit., p. 23

d'étiquettes présente l'avantage d'être peu coûteux due à une faible consommation d'énergie.

2. Les modèles moyens

Les modèles moyens disposent d'une mémoire en lecture-écriture. Selon le cas, ils disposent ou pas (cf. le cas d'une mémoire RAM) d'alimentation, d'une certaine capacité de traitement et, généralement, d'une gestion des collisions et d'un système d'authentification. Les étiquettes de cette catégorie opèrent à toute fréquence.

3. Les modèles complexes

Les modèles d'étiquettes complexes, les plus évolués, disposent de microprocesseurs et de co-processeurs cryptographiques, de système d'exploitation. Ces modèles fonctionnent généralement dans les moyennes fréquences, élevées à 13,56Mhz.

Le prix du système RFId varie en fonction de sa catégorie. Il convient donc de trouver la bonne équation entre les besoins fonctionnels, les possibilités technologiques offertes et l'investissement financier.

CHAPITRE III

LA NORMALISATION ET LA STANDARDISATION DES SYSTÈMES RFID

1. RÉGLEMENTATIONS ET NORMES RELATIVES À L'UTILISATION DES SYSTÈMES RFID

Les réglementations concernant la RFID permettent essentiellement *d'assurer la compatibilité électromagnétique entre les différents utilisateurs du spectre radioélectrique*⁵¹ et portent sur les fréquences de communication, la santé des personnes, la garantie des libertés individuelles et, enfin, sur la pollution électromagnétique. En Europe, ces recommandations sont préparées et proposées par différents organismes. Les pays de l'Union européenne restent libres de les appliquer ou non.

Les normes, quant à elles, visent à homogénéiser les différents composants technologiques, afin d'établir des solutions permettant le déploiement de systèmes RFID. Durant le processus de normalisation, de nombreux acteurs interviennent : d'une part les industriels⁵² et d'autre part les instances normatives.

Les normes internationales concernent essentiellement les spécifications techniques qui permettent de garantir l'interopérabilité des systèmes. Ces spécifications portent sur le protocole de communication, sur la gestion des commandes et des données et, enfin, sur le vocabulaire.

⁵¹ Rapport du Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, *Etude sur les étiquettes électroniques et la traçabilité des objets. Panorama Stratégique*, pp. 34-54

⁵² Il existe, selon le domaine, plusieurs groupes d'industriels qui étudient et développent des modèles de spécification. Parmi ces groupes, on peut citer, pour l'industrie automobile, "The Automotive Industry Action Group" (AIAG), ou encore, pour l'industrie des transports, "The International Air Transport Association" (IATA).

1.1 Réglementations concernant les systèmes RFId

1.1.1 Les fréquences de communication

Au niveau européen, on trouve le CEPT et son organisme associé l'ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*). Cette instance est une organisation indépendante, sans but lucratif, composée de 659 membres (chercheurs, fabricants, utilisateurs, etc....), provenant de 59 pays différents et dont la mission est d'émettre des standards dans le domaine des Technologies de l'Information et de la Communication en Europe. Parmi ses compétences, elle est chargée de proposer des règlements et des spécifications aux pays membres de l'Union Européenne concernant la régulation des fréquences et des puissances d'émissions utilisées par les systèmes RFId.

Cet organisme classe les dispositifs RFId dans les systèmes "Short Range Device" dont les recommandations sont précisées dans le document portant la référence CEPT/ERC 70-03. Le document EN 302-208 préconise une puissance d'émission de 2 Watts ERP dans la bande fréquence UHF (865.6-867.6 MHz), ce qui semble poser des problèmes de parasitage dans certains pays comme la France ou l'Espagne.

1.1.2 La santé des personnes

Les questions relatives à la santé publique soulèvent des débats quant à un déploiement des systèmes RFId en entreprise. Des textes portant sur l'exposition des êtres humains aux radiations ont déjà été traités par la Commission ICNIRP (*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection*) créée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Des textes de recommandations ont été publiés en 1998, dans lesquels étaient définis des taux maximum d'exposition et d'absorption pour des signaux allant jusqu'à 300 Ghz. Ces recommandations ont été adoptées par le Parlement Européen sous la directive 2004/40/CE. Il est question, dans ce texte, des obligations des employeurs : *ils doivent évaluer, selon des modalités déterminées, les niveaux de champ et les risques, prendre des mesures pour limiter ceux-ci*

*lorsque les valeurs déclenchant l'action et les valeurs limites d'exposition des personnes sont dépassées*⁵³

Il est à noter que la RFID entre dans la définition des appareils électriques et électroniques (directive 2002/96/CE, limitant l'utilisation de certaines substances nocives) et est donc soumise à des restrictions de fabrication liées à la protection de l'environnement.

1.1.3 Les garanties individuelles

Le déploiement des dispositifs RFID soulève également des questionnements quant aux libertés individuelles. Certaines lois traitant de l'utilisation des données à caractère personnel et des nouvelles infractions, parmi lesquelles peuvent s'inscrire les systèmes RFID, sont traitées par la Convention Européenne sur la cybercriminalité du 23 novembre 2001. Nous y reviendrons plus en détails ultérieurement⁵⁴.

1.2 Normalisation des systèmes RFID

L'ISO (*International Organization for Standardization*) est chargée d'établir des normes permettant d'assurer la fonctionnalité et l'interopérabilité des systèmes RFID. Cette instance est composée d'instituts de normalisation provenant de 157 pays (BIN pour la Belgique, DIN pour l'Allemagne, AFNOR pour la France, etc.). Elle propose deux séries de normes : la première à vocation "technique" et la seconde à vocation "applicative".

Les normes "techniques" sont bâties sur des propositions de fournisseurs technologiques. Elles sont proposées par le JTC (*Joint Technical Committee*) qui est constitué de l'ISO et de l'IETC (*l'International Electro-technical Commission*).

⁵³ Dessenne G-A, *RFID: Règlements et standards*, Datacollection, 15/10/2005

⁵⁴ Partie II Chapitre III Contraintes sociales de la RFID : aspects éthiques et juridique p.88

Le JTC est subdivisé en deux sous-comités :

- Le sous-comité 17 gère la traçabilité des personnes et des transactions financières qui sont dérivées de l'utilisation des cartes à puces sans contact⁵⁵ ;
- Le sous-comité 31 gère la traçabilité des objets. Les tâches ont été réparties en quatre groupes de travail, qui abordent différents thèmes de normalisation (structures de données, géolocalisation, etc.).

Les normes "applicatives" sont établies par des groupes d'utilisateurs dans le but de créer un outil commun facilitant la communication entre professionnels. Les groupes agro-alimentaires de par leur longue expérience en matière de déploiement RFID (essentiellement en basse fréquence) en ont concrétisé certains.

Etant donné le nombre élevé de normes existantes (plus de 140), nous ne citerons que les plus pertinentes.

1.2.1 Le protocole de communication

C'est le principal rôle des normes ISO/IEC 18000, déclinées par fréquence. Elles concernent les mécanismes relatifs à l'interface AIR, qui portent sur les fréquences d'émission et sur les protocoles de communication entre lecteur et étiquette. Ces normes définissent trois éléments : la couche physique, les protocoles ainsi que l'évitement et le traitement des collisions.

1.2.2 La gestion des commandes et des données

Les normes ISO/IEC 15961 à 15963 garantissent, quant à elles, la cohérence des commandes de lecture et la gestion des données. La norme 15961 définit la syntaxe et les mécanismes permettant de garantir la compatibilité des protocoles utilisés lors du transfert de données entre la puce et l'application. La norme 15962 spécifie les

⁵⁵ Les normes ISO 14443 traitent des spécifications relatives aux cartes à puce RFID sans contact.

processus et mécanismes permettant le formatage des données en mémoire. Enfin, la norme 15963 traite du codage des numéros permettant l'identification unique des étiquettes lors de leur fabrication.

1.2.3 Le vocabulaire

Les normes ISO/IEC 19762 définissent le vocabulaire utilisé dans toutes les normes ISO traitant des dispositifs RFID. Enfin signalons qu'afin de faciliter l'intégration des systèmes RFID, un "technical report" a été publié en février 2005 (ISO/IEC 18046). Il permet aux entreprises d'établir des comparaisons entre plusieurs solutions de déploiement. D'autres normes comme l'ISO/IEC 24729 prennent en considération des contraintes réelles de déploiement (la mise en place des antennes, par exemple) et la récupération des produits en fin de vie. Les normes ISO/IEC 24730 traitent des systèmes qui utilisent plusieurs technologies (comme le GSM) associées à la RFID pour la géolocalisation en temps réel.

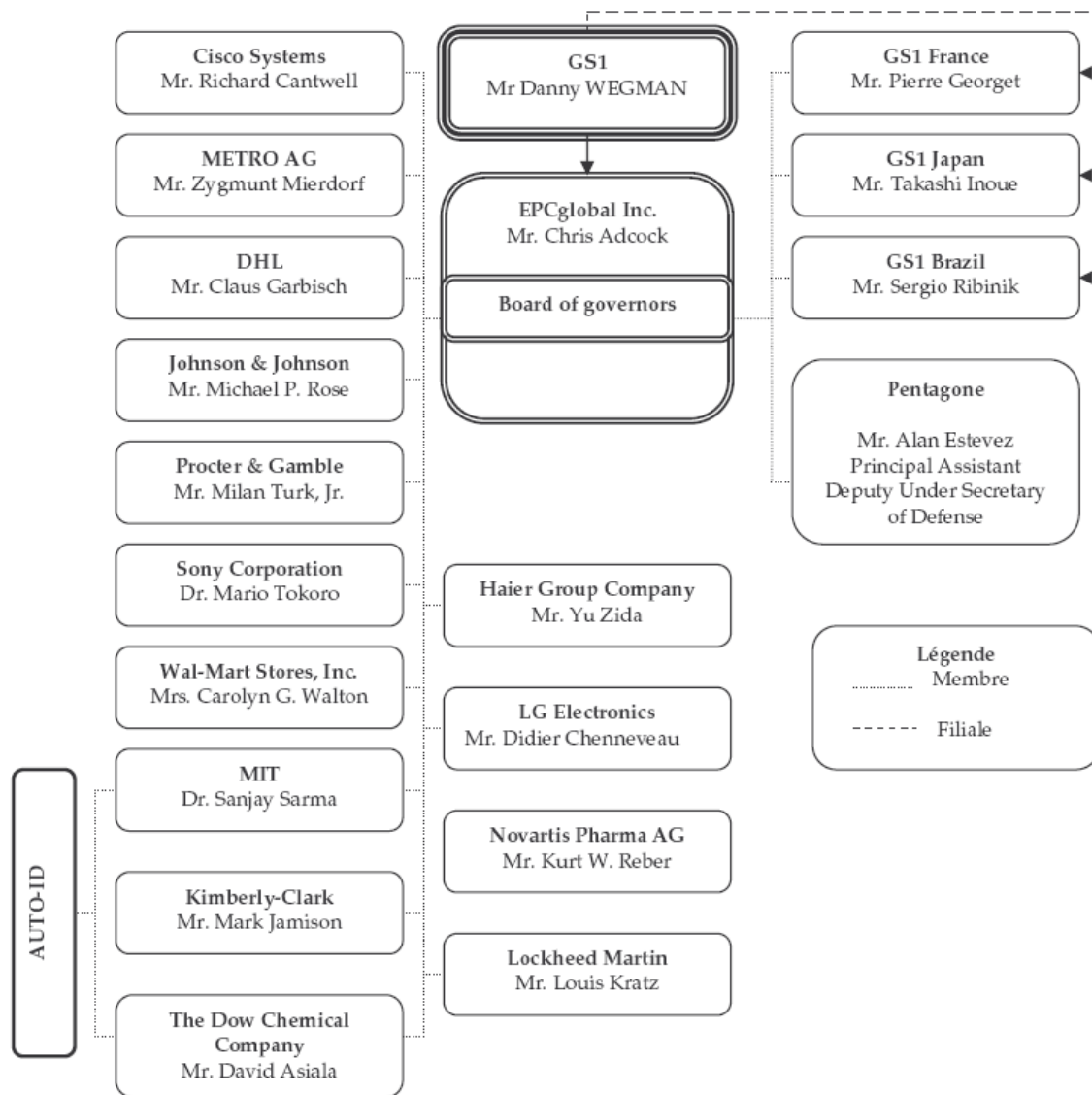
3. LE STANDARD EPCGLOBAL NETWORK

Contrairement aux normes de type ISO qui se focalisent principalement sur des aspects techniques et technologiques des composants RFId, le standard EPCglobal Network se présente comme une solution concrète, à la fois matérielle et logicielle, de déploiement d'un système RFId en entreprise et plus particulièrement en circuit ouvert.

Comme nous l'avons déjà indiqué, le standard EPC (*Electronic Product Code*) est né d'un regroupement de l'EAN (*European Article Numbering*) et de l'UCC (*Uniform Code Council*) au sein de GS1⁵⁶, auxquels se sont associées plusieurs multinationales de la production et de la distribution (*DHL, Procter & Gamble, Metro-group, Wal-Mart, etc.*). Ces grands industriels ont lancé l'*Electronic Product Code Global Inc.* conjointement avec un groupe de recherche, l'*Auto-ID Center* du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) de Boston, (Voir figure 10 ci-dessous reprenant la structure de l'EPCglobal Inc.).

Cet organisme a pour but de promouvoir l'utilisation du standard EPC qui repose sur l'utilisation d'un codage (l'EPC ou l'*Electronic Product Code*), d'une infrastructure logicielle, d'étiquettes et lecteurs RFId et de services.

⁵⁶ GS1 (GENCOD1) : est un organisme mondial actif dans le domaine de la normalisation des méthodes de codage utilisées dans la chaîne logistique, il possède deux sièges l'un à Bruxelles et l'autre à Lawrenceville (USA) [<http://fr.wikipedia.org/wiki/GS1>] (Visité le 22/11/2007)

Figure 10 Structure de l'organisation EPCglobal Inc.⁵⁷

L'objectif de l'EPCglobal Inc. est de dessiner le système d'identification du futur.

*Le système EPC, qui en résulte, a donc vocation à devenir l'architecture mondiale, modulaire et interopérable, qui va permettre d'articuler les fonctionnalités clés des échanges d'information du futur : le suivi unitaire des objets grâce au code EPC, la capture à distance de l'information grâce à la RFID, le stockage et l'accès à l'information grâce aux standards ouverts de l'Internet.*⁵⁸

⁵⁷ Source <http://www.gs1.org> (Visité le 25/05/2008)

⁵⁸ Barras X, *Rapport de L'EPC Global France : L'identification par Radio Fréquence Principe et applications*, GS1-France, 08/04/2004.

Les objectifs poursuivis par ce standard sont l'identification univoque de chaque objet, mais également la mise en place d'un réseau de partage de l'information accessible, d'un bout à l'autre, sur la chaîne d'approvisionnement. Pour ce faire, le standard définit des catégories d'étiquettes et une structure réseau permettant la communication des différents acteurs en milieu ouvert. Bien que ce standard s'adresse en particulier au domaine de la chaîne d'approvisionnement et de la gestion des stocks, il peut être facilement étendu vers d'autres types d'application.

Le système EPC repose sur trois axes : le code EPC, les étiquettes RFID et le réseau d'échanges.

Le code EPC vise à remplacer le code UPC (*Universal Product Code* utilisé pour le code barres). Il est constitué d'un identifiant unique (encodé sur 96 bits⁵⁹) permettant à 268 millions de compagnies d'avoir 16 millions de classes d'objets différents et 68 milliards de numéros uniques par classe.

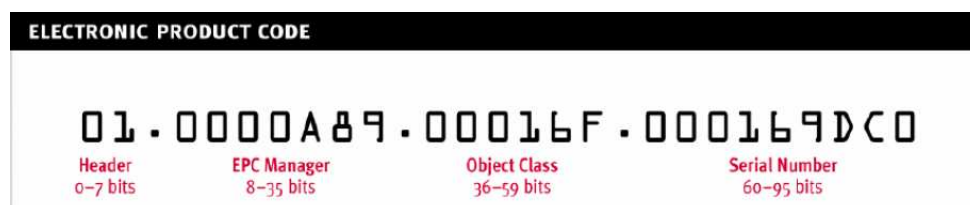


Figure 11 Structure du code EPC

⁵⁹ Un code 64 bits est également possible, il correspond à une version 96 bits troquée, il a été développé pour permettre une implémentation rapide et bon marché. Il est utilisé dans les projets pilotes.

La structure du code EPC a été spécialement étudiée pour permettre une compatibilité avec le codage GS1 (anciennement connu comme système EAN-UCC propre au code barres). Les spécifications sont définies dans le "Tag Data Standard".

Le codage GS1 repose principalement sur trois modèles d'identification, déclinés en différents formats. Sous le vocable SGTIN " *Serialized Global Trade Item Number*", on retrouve les informations permettant d'identifier de manière univoque une unité commerciale. Le code SSCC " *Serial Shipping Container Code*" permet d'identifier une unité logistique et le code SGLN " *Serialized Global Location*" permet d'identifier un lieu.

Le code EPC est encodé dans l'étiquette, sa structure de base est appelée GID " *General Identifier*". Par exemple, dans le cas d'un code de type SGTIN, elle est définie comme suit :

- Les huit premiers bits correspondent à l'en-tête (*Header*) et fournissent une description de la version du code EPC employée ;
- Les 34 bits suivants correspondent à un préfixe identifiant l'entreprise (*EPC Manager*) ;
- La référence du produit est définie sur 20 bits (*Object class*) ;
- Le code se termine par un numéro de série composé de 34 bits (*Serial number*).

Le *header* et le *EPC manager* sont attribués par EPCglobalInc ; l'*object class* et le *serial number* par l'entreprise gestionnaire EPC (c'est-à-dire l'entreprise propriétaire qui est désignée par le *EPC manager*).

L'information contenue dans une étiquette répondant au standard EPC se résume donc à une suite de 96 bits. Le but du code EPC est double : la réduction d'information sur l'étiquette va de pair avec celle du coût et le problème lié à la sécurité est déplacé. En effet, le code EPC seul ne donne aucune information critique. Son intérêt est de pointer sur une base de données qui peut être sécurisée de manière plus robuste.

Le standard EPC définit également différentes classes d'étiquettes (rétro-compatibles) résumant les fonctionnalités assurées par celles-ci, allant des modèles les plus simples aux modèles les plus élaborés.

Classe	Description
0	Etiquettes sans alimentation, mémoire en lecture seule
I	Etiquettes sans alimentation, mémoire en écriture (une fois)
II	Idem classe I mais prend en charge le cryptage de l'information
III	Etiquettes avec alimentation dédiées à l'ALU, mémoire en lecture-écriture, intégration de capteur.
IV	Etiquettes avec alimentation et dispositif radio, mémoire en lecture-écriture.
V	Etiquettes étant également des lecteurs qui peuvent alimenter les étiquettes de classe I, II, III, communiquer avec elles (y compris la classe IV) et d'autres dispositifs sans fil.

Tableau 7 Classe de modèles d'étiquettes RFID selon EPC⁶⁰

L'étiquette que préconise actuellement EPCglobal Inc. aux industriels est de classe I et en est à sa deuxième génération⁶¹. Elle est le fruit d'améliorations apportées à la génération précédente, en prenant en compte les contraintes (fréquence et puissance d'émission) et craintes (sécurisation des données, respect de la vie privée) des acteurs industriels. Cette étiquette fonctionne en ultra-haute fréquence (comprise entre 860 MHz et 960 MHz) à travers trois continents (Amérique, Europe, Asie). Le protocole de communication utilisé a été ratifié par l'ISO⁶². Ce type d'étiquettes dispose de la commande "Kill" qui permet de rendre l'étiquette inutilisable, de la commande "Lock" qui permet de la rendre inactive et de la commande "Access Control" qui sécurise l'accès à l'étiquette. Le mode de communication avec le lecteur est de type *Half Duplex* et le protocole utilisé est le *Reader Talk First* (RTF). Les débits s'élèvent à 640 Kbps et le temps de lecture est inférieur à 20 ms. Selon une étude réalisée par EPC France⁶³ en collaboration avec différents acteurs industriels, l'étiquette améliore sensiblement le taux de pénétration dans un milieu environnemental hostile (eau, métal, ...).

⁶⁰ [<http://www.gaorfid.com/docs/news/epc.htm>] (Visité le 22/11/2007)

⁶¹ EPCglobalInc, *Rapport: Spécification for RFID Air Interface : EPC Radio Frequency Identity Protocols Class-1 Generation 2 UHF RFID Protocol for communication at 860-960 MHz*, XX/01/2005, EPCGlobalInc.

⁶² ISO/IEC 18000-6 1 Type C

⁶³ GS1Benelux, *Laboratoire RFID EPC Global France, Etude 2006 : Synthèse des résultats*, 2006, GS1Benelux.

A travers le réseau d'échanges établi par le standard EPC se profile une architecture middleware, permettant l'intégration des dispositifs RFID avec les applications informatiques de l'entreprise. EPCglobal Inc. définit un cadre architectural⁶⁴ qui précise les différentes activités entre les membres du réseau d'échanges.

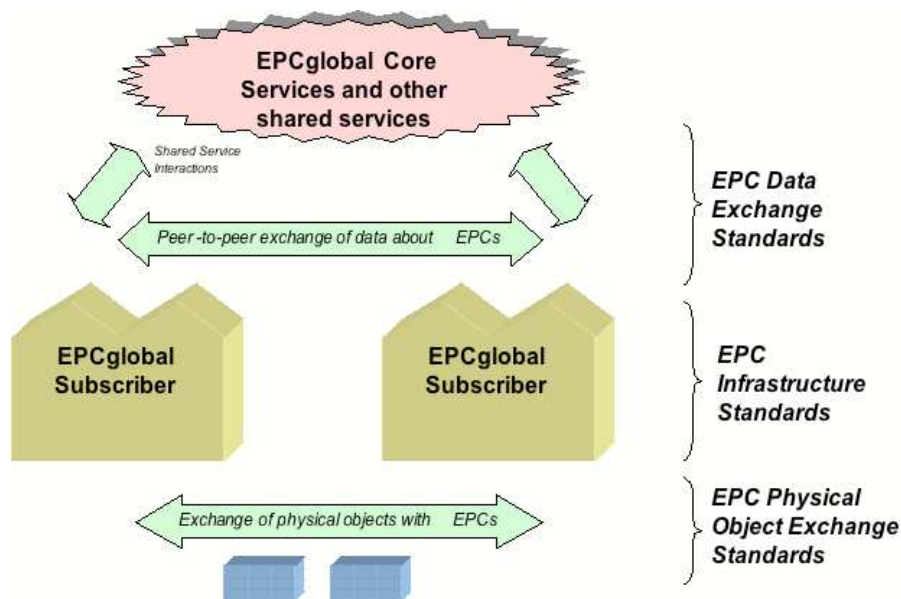


Figure 12 Cadre général de l'architecture EPC⁶⁵

Ce cadre repose sur trois standards :

1. l'**EPC Physical Object Exchange**, qui garantit la lecture et l'interprétation de l'information (code EPC) lorsque des objets physiques sont échangés entre partenaires commerciaux.
2. l'**EPC Data Exchange**, qui permet l'échange de données EPC entre partenaires de manière sécurisée.
3. l'**EPC Infrastructure**, qui définit, sous forme d'interface, les différentes procédures logicielles et matériels nécessaires à l'entreprise afin de pouvoir générer, gérer, échanger et collecter les données EPC.

⁶⁴ EpcglobalInc, *The EPC Global Architecture Framework*, pp. 9-10 XX/09/ 2007, EPCglobalInc. & Seong Leong K, Leng Ng M, Engel DW, *EPC Network Architecture*, Auto-ID Labs, XX/08/2004.

⁶⁵ Idem

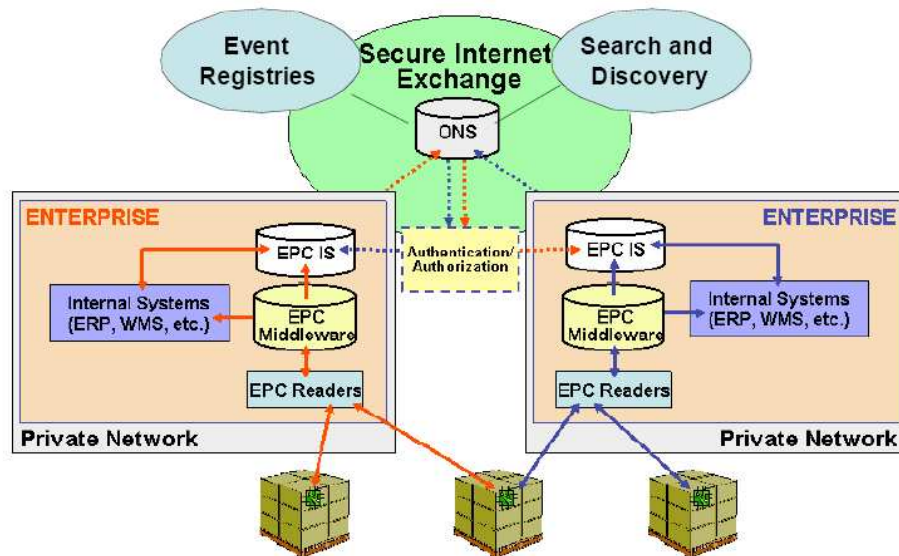


Figure 13 Architecture interne du réseau d'échange EPC⁶⁶

L'architecture interne du réseau d'échanges se présente conceptuellement comme suit :

- Chaque entreprise dispose, dans son réseau privé, de lecteurs compatibles EPC qui communiquent avec le middleware ;
- Celui-ci met à jour les informations dans une base de données EPC-IS (*EPC Information System*) qui pourra être consultée, après authentification et identification (prise en charge par le "Security Services"), par les entreprises partenaires sur Internet ;
- Les informations consultées seront variables en fonction des droits établis. Les entreprises, désireuses de consulter ces informations, auront recours aux services de découverte "Search and discovery services" utilisant l'ONS (*Object Name Service*). L'ONS fonctionne comme le système de résolution de nom DNS sur Internet. Il est chargé de fournir une URL (*Uniform Reference Locator*) pointant vers la base de données EPC-IS à partir d'un code EPC.

L'essence du réseau établi par ce standard repose sur une parfaite synchronisation des données des partenaires commerciaux. Pour ce faire, l'infrastructure EPCglobal Network au sein de l'entreprise doit être idéalement intégrée au réseau GDSN "Global

⁶⁶ Idem

Data Synchronization Network"⁶⁷ élaboré par GS1. Ce réseau global facilite les échanges B2B. Il est composé d'entrepôts de données des différentes entreprises, reliées par un registre central. Les entreprises communiquent avec ce réseau global par l'intermédiaire d'un logiciel PIM "*Product Information Management*" afin de mettre à jour des informations ou d'en visualiser le contenu. L'EPCglobal Network s'appuie sur une série de concepts, le tableau 8 reprend l'ensemble des standards qui ont été ratifiés ou qui sont en cours d'étude au sein de l'EPC (c'est notamment le cas du service *Event Registries*).

Groupe	Standard
EPC Physical Object Exchange	EPC Tag Data Standard
	Protocole RFId classe 0
	Protocole RFId classe 1
	UHF Classe 1 Gen 2 Tag Protocol
EPC Data Exchange	Reader protocol
	Reader management
	Tag data Translation
	Application Level Event (Filtering and Colection)
EPC Infrastructure	Protocol EPC-IS
	ONS (API)
	Search and Discovery Services
	Event Registries
	Security services

Tableau 8 Grille des standards EPC⁶⁸

⁶⁷GS1, The GS1 global Data Synchronisation Network : What you need to know, 01/12/2006, GS1.

⁶⁸GS1, *Cadre architectural pour le réseau EPC-global*, p. 27, Bulletin GS1-EPC, XX/04/2005.

CHAPITRE IV

LE PARADIGME M2M ET LES TECHNOLOGIES CONNEXES AUX PUCES RFID

1. LE PARADIGME "MACHINE-TO-MACHINE"

A l'instar d'autres technologies, les systèmes RFID s'inscrivent⁶⁹ dans ce nouveau paradigme dénommé "M2M" ou "Machine-To-Machine" signifiant une communication inter-machine. De manière plus précise, cet acronyme désigne *l'association des technologies de l'information et de la communication (TIC), avec des objets intelligents et communicants, dans le but de donner à ces derniers les moyens d'interagir sans intervention humaine avec le système d'information d'une organisation ou d'une entreprise*⁷⁰.

Le concept "Machine-To-Machine", qui existe depuis une dizaine d'années⁷¹, est né de la multiplication d'équipements intégrant une interface réseau, de l'avènement des technologies de communication sans fil ainsi que de l'avancée des technologies du Web. Le marché "Machine-To-Machine" était de 20 milliards d'euros en 2005 et dépassera 220 milliards d'euros en 2010⁷². Il promet un avenir radieux aux technologies de télécommunication, en élargissant leur champ d'application. Les applications types du paradigme "Machine-To-Machine" recouvrent, par exemple, la gestion des chaînes d'approvisionnement, le monitoring (maintenance, relevé d'information par capteur), la télésurveillance (déclenchement automatique d'un système de sécurité), l'Immotique⁷³ (contrôle d'accès, réglage de température).

⁶⁹ D'ici 2010, selon ABI Research, le nombre d'objets communicants dans le monde devrait atteindre 100 milliards, dont plus de 13 milliards en Europe, intégrant principalement la technologie RFID, in Nabet D, Rizcallah M, Kaplan D, "Livre blanc Machine To Machine enjeux et perspectives", p. 11, XX/06/ 2006.

⁷⁰ Nabet D, Rizcallah M, Kaplan D, op.cit, p. 7

⁷¹ N.Munarriz, "Le M2M, nouveau concept à la mode ou vraie révolution ?", J'automatise, n°47, p.40, XX/08/ 2006.

⁷² IDate, Machine-To-Machine: Forte croissance du Wireless Machine-To-Machine et impact du RFID, IDate, 01/06/2006.

⁷³ Domotique à l'échelle d'un grand bâtiment, grand site industriel...
[<http://fr.wikipedia.org/wiki/Immotique>] (Visité le 22/11/2007)

Un système "Machine-To-Machine" repose sur une cohabitation hétérogène d'équipements électroniques (objets communicants), d'infrastructures réseau, et de logiciels (système d'information d'entreprise). Les équipements électroniques sont capables de communiquer avec le monde extérieur, grâce à une puce RFID et/ou un module de géolocalisation de type GPS ("Global Positioning System"). L'infrastructure réseau, c'est-à-dire le réseau de communication, peut être de type filaire ou sans fil et repose sur une technologie réseau, ainsi que sur un protocole d'échange standardisé comme par exemple le protocole TCP-IP. Enfin, la partie logicielle englobe les différents services permettant l'exploitation et l'administration des données échangées entre l'ensemble des acteurs.

Les fonctionnalités⁷⁴ génériques d'un système "Machine-To-Machine" recoupent donc:

- La collecte d'informations (acquisition de l'identification de l'objet) ;
- La capture d'informations (acquisition des données liées à l'environnement physique de l'objet) ;
- Le contrôle (envoi d'un ordre à l'objet pour le mettre dans l'état voulu) ;
- La localisation de l'objet.

Au-delà de l'EDI traditionnel, le paradigme M2M permet aux machines de s'adapter à l'environnement sans aucune intervention humaine. Dans ce nouveau paradigme, les objets sont eux-mêmes vecteurs d'informations. Les puces RFID ont un rôle privilégié puisqu'elles se chargent du dernier maillon de la chaîne technologique, celui qui relie la dernière machine à l'objet communicant.

Selon D. Kaplan, délégué général de la FING "Fondation Internet Nouvelle Génération", *[l]'avenir des technologies de l'information et de la communication réside dans la fusion du virtuel et du réel, du fixe et du mobile. [...] Le M2M est une des premières manifestations concrètes et opérationnelles de ce mouvement, qui préfigure une vague*

⁷⁴ Letellier F, *Etiquette Electronique RFID : Infrastructure logicielles et middleware*, Direction Générale des Entreprises, 11/04/2006, p. 29.

*d'innovation face à laquelle les dix ans d'Internet qui viennent de s'écouler paraîtront rétrospectivement plutôt tranquilles*⁷⁵. Plusieurs rapports⁷⁶ tablent sur une informatisation omniprésente et une profusion d'objets intelligents dans les dix années à venir. Grâce à la technologie RFID, les machines communicantes toucheront, dans un futur proche, des objets de tous les jours - montres, radio, vêtements, etc. - et feront, dès lors, évoluer le paradigme Machine-To-Machine à celui de l'Internet des objets⁷⁷. Ces derniers pourront communiquer entre eux et coopérer, ouvrant ainsi un immense champ d'application. Le standard EPC possède toutes les caractéristiques et spécifications nécessaires à la mise en place future de l'Internet des objets.

2. Présentation de quelques technologies connexes à la RFID

Afin de pallier certaines contraintes technologiques (débit, sécurité, autonomie, etc.) ou économiques (coût de l'intégration d'une nouvelle technologie, coût des étiquettes, etc.) relatives à l'utilisation des étiquettes et lecteurs RFID, des solutions faisant appel à d'autres technologies sont envisagées. Certaines de ces solutions ne sont pas des concurrentes à la technologie RFID mais proposent d'élargir le choix des fréquences radios⁷⁸ en jouant sur différents protocoles réseaux comme par exemple le protocole Wifi, Bluetooth ou Zigbee.

Nous allons introduire brièvement les concepts de base de ces technologies ainsi que leur implication avec la technologie RFID. Ces différentes technologies sont déviées de leur utilisation initiale et possèdent leur propre avantage afin de répondre à certaines demandes. C'est pourquoi, nous achèverons cet aperçu par un tableau

⁷⁵Dutheil C, *Comment profiter du potentiel du Machine To Machine*, VNUnet, 10/04/06.

⁷⁶ Cornu J-M, Kaplan D, Soriano P, *Prospective 2010 : Etat des lieux Tendances et enjeux technologiques à 5-10 ans*, FING-IREPP, septembre 2005, 82p. & Roure F, Gorichon J-C, Sartorius E, *Les technologies de radio identification : Enjeux industriels et questions sociétales*, Conseil général des technologies de l'information, 51 p, XX/01/2005.

⁷⁷ "L'Internet des objets est un néologisme qui se rapporte à l'extension d'Internet à des objets et à des lieux dans le monde réel. L'Internet que nous connaissons ne se prolonge pas au delà du monde électronique. L'Internet des objets a pour but de prolonger l'Internet au monde réel en fixant des étiquettes munies de codes ou d'URLs aux objets ou aux lieux.[...]"

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Internet_des_objets] (Visité le 23/11/2007)

⁷⁸ RfidGazette, *What is ZigBee's Relationship to RFID*, Rfid Gazette, 26/07/2006

comparatif (Tableau 10), reprenant les caractéristiques de ces différentes technologies afin de présenter leurs principaux avantages et inconvénients.





			
Etiquette Wifi-RFid ⁷⁹	Zigbee ⁸⁰	Lecteur RFId-Bluetooth ⁸¹	Etiquette Rubee ⁸²

Tableau 9 Exemples de technologies connexes

La technologie Wifi est une infrastructure réseau répondant à la norme IEEE 802.11 qui permet de mettre en place un réseau local sans fil à haut débit. Certaines étiquettes⁸³ RFId actives sont basées sur cette technologie⁸⁴. Celles-ci utilisent l'infrastructure du réseau Wfi (points d'accès à 2.45 GHz) pour communiquer avec les lecteurs. L'utilisation de ce type d'étiquettes réduit les coûts liés à l'intégration des systèmes RFId "classiques", en utilisant l'infrastructure existante de l'entreprise et en passant par le réseau Wifi pour lire les étiquettes.

De manière identique, d'autres solutions⁸⁵ s'appuient sur des étiquettes utilisant la technologie Zigbee. Cette technologie radio est basée sur le standard IEEE 802.15.4. Elle était initialement destinée au contrôle, à la surveillance et à la gestion de commandes à distance. Elle opère à des fréquences allant de 866 MHz jusqu'à 2,4 GHz. Les débits sont de l'ordre de 250 kbps (à une fréquence de 2.4 Ghz) sur une distance d'une dizaine de mètres. Elle présente l'avantage d'avoir une consommation électrique très faible.

⁷⁹ [www.aeroscout.com] (Visité le 23/11/2007)

⁸⁰ [http://www.alliancesa.co.za/source/content/quorum/Quorum_Qid9.1_ZigBee_Tags.pdf]

⁸¹ [www.baracoda.com] (Visité le 23/11/2007)

⁸² [http://en.wikipedia.org/wiki/RuBee] (Visité le 12/02/2008)

⁸³ Jeanne-Beylot B, *Les nouvelles générations de tags RFID actifs*, Supply-Chain magazine, n°14, Avril 2007, p. 63.

⁸⁴ IEEE 802.11 RTLS et évolution à venir IEEE 802.15.4

⁸⁵ [http://www.rfidjournal.com/article/view/1884/1/1] (Visité le 23/22/2007)

Il existe également des lecteurs portables RFID (fréquence de 13,56 Mhz) au format "crayon" qui recourent à la technologie Bluetooth pour communiquer avec d'autres appareils. Comme l'illustre l'exemple de la figure ci-dessous, ce lecteur communique en utilisant le protocole Bluetooth avec un PocketPC (celui-ci étant connecté au réseau Wifi de l'entreprise), après avoir échangé des informations avec l'étiquette RFID. La technologie Bluetooth a été conçue pour simplifier les connexions entre les appareils électroniques et remplacer les câbles. Elle est déclinée sous différentes normes (802.15.X) permettant des débits théoriques compris entre 1 Mbps à 20 Mbps et des portées allant de 1 à 100 mètres.

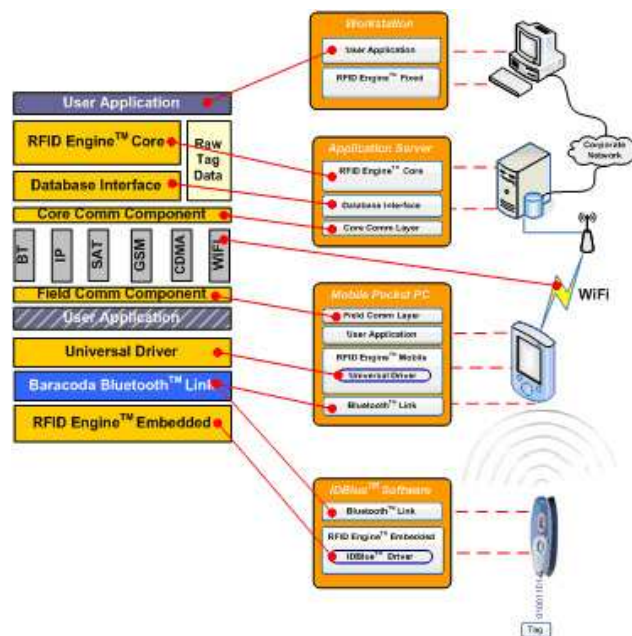


Figure 14 Fonctionnement de l'ID-Blue (Lecteur RFID-Bluetooth)⁸⁶

Contrairement aux autres technologies, la technologie Rubee⁸⁷ a été produite, quant à elle, dans le but de concurrencer la technologie RFID classique. A travers cette technologie se profile un protocole de communication initié par l'organisation IEEE sous le nom "IEEE P1902.1". Comme nous l'avons vu *supra*, dans le chapitre consacré aux fréquences, la technologie RFID présente des inconvénients d'utilisation : les perturbations du signal radio réduisent la fiabilité du système à 70-80 % dans des environnements difficiles (forte humidité, présence de métal, etc.). Le protocole

⁸⁶ [http://www.baracoda.com/baracoda/products/p_21.html] (Visité le 23/11/2007)

⁸⁷ [<http://en.wikipedia.org/wiki/RuBee>] (Visité le 23/11/2007)

Rubee permet de remédier à ce type de problème, en envoyant et en recevant de petits paquets de données (128 bytes) à des fréquences basses, inférieures à 450 kHz, et à des portées comprises entre 3 et 15 mètres. L'étiquette Rubee est basée sur un processeur 4 bits totalement programmable, et est d'une épaisseur de 1,5 mm. Le protocole prévoit⁸⁸ d'utiliser l'adressage IPv4 pour le repérage des étiquettes en temps réel. Les spécifications propres à cette technologie devraient être publiées dans le courant de l'année 2008. Le protocole aurait déjà fait ses preuves lors des tests réalisés dans différents domaines (étagères intelligentes, portails contrôlant les entrées et sorties). Par son mode de fonctionnement, l'étiquette Rubee aurait une durée de vie pouvant aller jusqu'à 10 ans (en utilisant des piles lithium). Enfin, les ondes émises par cette technologie seraient inférieures à celles d'un détecteur de métaux utilisé dans les aéroports⁸⁹. Cependant, cette technologie présente un inconvénient majeur : sa lenteur. Un lecteur RFID peut lire entre 150 et 200 étiquettes par seconde, alors qu'un dispositif Rubbee ne peut en lire que 10 par seconde. De plus, le prix des étiquettes ne devrait pas être inférieur à leurs homologues RFID. Cependant cette technologie annonce des perspectives intéressantes ; de nombreux industriels (comme IBM, Sony, Motorola, Carrefour, Metro, etc.) soutiennent l'initiative.

Il conviendra de bien analyser les besoins (techniques et économiques) avant d'opter pour l'une de ces technologies, compte tenu du fait qu'aucune d'entre elles n'est la panacée. Le tableau 10 propose un comparatif théorique non exhaustif des technologies présentées.

⁸⁸ Schuman E, *Rubee offer an alternative to RFID*, Eweek, 9/06/2006.

⁸⁹ [<http://en.wikipedia.org/wiki/RuBee>] (Visité le 23/11/2007)

Technologie	Wifi	Zigbee	BlueTooth	Rubee
Protocole IEEE	802.11 (a,b,g)	802.15.4	802.15.1	P1902.1
Mémoire	1Mb	4-32 K°	250K°	5K°
Débit	11-54-108 Mbps	250 kbps	1 Mbps	1 kbps
Batterie (jours)	1-5	10-100	1-7	4 000
Portée (mètres)	300	100	10-100	30
Estimation prix étiquette (\$)	15-50	15-50	50	0,1-10
Estimation prix lecteur (\$)	60-500	100-500	50	1-200

Tableau 10 Comparaison des technologies⁹⁰

3. La technologie NFC

La technologie *NFC* ("Near Field Communications", c'est-à-dire "Communications en champ proche") permet un échange de données sans contact sur des distances de moins de 10 cm. Cette technologie utilise une fréquence de 13,56 Mhz, permet des débits limités de 106, 212 ou 424 kbps et utilise un mode "half duplex". Cette technologie est considérée⁹¹ comme une application de la *RFId* puisqu'elle est capable de lire les informations présentes sur certaines étiquettes *RFId*. Elle est normalisée sous les références ISO18092, ECMA340 et ETSI TS102 190. Elle respecte l'infrastructure⁹² définie pour la carte à puce sous la référence ISO 14443 A, ainsi que les normes ISO/IEC 14443 B et ISO 18092.

Cette technologie permet trois types d'usage :

1. Le mode "émulation", qui permet d'émuler une carte à puce sur un terminal mobile ;
2. Le mode lecteur, qui permet de lire les étiquettes *RFId* passives (13,56 MHz) ;
3. Le mode "Peer To Peer", qui permet l'échange d'informations entre différents dispositifs compatibles *NFC*.

⁹⁰ Stevens J-K, *Visible Asset : the benefits of visibility networks*, slide 12.

⁹¹[http://fr.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication](Visité le 23/11/2007)

⁹² Association des opérateurs mobiles de France, *Livre blanc sur le sans-contact mobile*, p. 8, avril 2006.

L'un des supports privilégiés de la technologie NFC est le téléphone portable. Elle utilise les capacités de la carte SIM et, comme le souligne P Gibon, responsable de l'activité "identification" pour Philips à Caen, son influence sur les batteries est négligeable : " Le mode *stand by* n'a aucun effet sur la batterie et les communications n'affaiblissent pas la charge de manière significative. À titre indicatif, cela représente moins de 0,001 % de la batterie en mode carte et moins de 0,005 % de la batterie en mode lecteur"⁹³.

De nombreux industriels (comme Nokia, Microsoft, HP, Philips, Sony, etc.) sont activement impliqués dans le NFC Forum afin de promouvoir cette technologie et de définir les standards et les spécifications.

4. Comparaison entre la RFID et le code barres

Le code barres correspond à un modèle imprimé sur une étiquette qui représente une information textuelle. Il en existe trois modèles (linéaire, bi-dimensionnel, tri-dimensionnel), le plus connu étant le linéaire.

Le code barres linéaire est composé d'une série de lignes verticales de différentes tailles séparées par des espaces. Il permet l'encodage d'une cinquantaine de caractères. Le code utilisé pour ce type de code barres est basé sur le système EAN (*European Article Number*), à 8 ou 13 chiffres. Le code EAN est une évolution du code UPC (*Universal Product Code*) américain, créé en 1976 afin de répondre aux besoins spécifiques du commerce européen.



Figure 15 Code barres EAN à 13 chiffres

⁹³ Renault S, NFC: La radio fréquence à courte portée, 01Net, 27/04/2006.

La structure du code barres EAN à 13 chiffres se décompose de la manière suivante :

1. Le code du pays, représenté par 2 ou 3 chiffres ;
2. Le code de la société, représenté par 4 ou 5 chiffres délivré par l'organisation EAN du pays ;
3. Le code de l'article, qui correspond à l'identifiant de l'article sur 5 chiffres ;
4. Un code de contrôle (ou *Checksum*) composé d'un chiffre.

Le code barres est lisible par un scanner approprié qui décode le schéma en fonction de la différence de réflexion produite par le laser lors de la lecture. D'autres modèles de code barres permettent d'encoder plus d'informations (de 128 à plus de 3000 caractères), c'est le cas par exemple des codes barres de type 2D (*Composite Symbolology* ou *Data Matrix*).

La technologie du code barres présente une série d'avantages par rapport à un système RFId. Ceux-ci sont avant tout de nature financière, puisque le déploiement de cette technologie n'est pas très onéreux. De plus, le système est opérationnel depuis plus de 30 ans : les technologies et les standards utilisés ont fait leurs preuves et sont complètement maîtrisés. Contrairement à la RFId, qui dépend de différentes lois et restrictions quant à son utilisation, le code barres n'est soumis à aucune restriction au niveau mondial. La technologie est complètement rentrée dans les habitudes des consommateurs et ne soulève aucune interrogation ou débat quant à son utilisation. Cependant, techniquement, le code barres semble ne plus répondre au développement des futures applications par rapport à la technologie RFId.

	Code Barres	RFId
Volume de données	Limité	Grand
Automatisation	Possible	Native
Portée (Distance)	Faible	Longue
Confidentialité des données	Non	Native
Pénétration	Variable	Variable
Réutilisation	Non	Possible
Coût	Bas	Variable

Tableau 11 Comparatif Code Barres / RFId⁹⁴

⁹⁴ Lahiri S, *RFID Sourcebook* : Chapter 6. RFID Versus Bar Code, Prentice Hall, Massachusetts, USA, 2005.[CD-ROM]

Comme l'indique le tableau 11, le volume de données du code barres est nettement inférieur à celui des étiquettes RFID qui peuvent contenir plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de kilo-bytes. Initialement, le code barres ne permet pas d'acquérir automatiquement les informations, une intervention humaine est le plus souvent souhaitable et ce, à des distances très faibles. Si les lecteurs RFID fonctionnent de manière automatique et peuvent être placés virtuellement partout, les scanners code barres sont, quant à eux, attachés à un dispositif d'enregistrement. Par ailleurs, avec le code barres, l'information n'est pas confidentielle (mais encore faut-il savoir décoder sa structure) et sa lecture, bien qu'insensible au milieu, demande parfois une manutention de l'objet sur lequel le code est appliqué. En outre, le plus souvent, le code barres n'est pas protégé et peut être facilement endommagé. Le code barres n'est pas évolutif et n'est donc pas réutilisable (sa réutilisation demanderait l'apposition de plusieurs codes barres). Le temps de lecture est aussi plus long que pour un dispositif RFID. Dans certains cas, l'intégration de la technologie du code barres ne s'est pas nécessairement faite au niveau du back-office, ce qui engendre des erreurs comme le soulève l'extrait de l'article suivant :

Le taux d'erreurs entre les prix affichés en rayon et ceux répercutés au consommateur sur son ticket de caisse a augmenté de 68 % en l'espace de dix ans, selon une enquête menée par la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF). [...] La méthode utilisée par la DGCCRF consiste à remplir un chariot d'une cinquantaine de produits choisis "à l'aveugle", puis de passer en caisse et de constater la différence entre les prix affichés en rayon et ceux enregistrés au moment du paiement. Visiblement (sic) ce type d'erreurs n'est pas, en fait, imputable à la technologie [Code barres] mais aux bases de données des grandes surfaces qui ne sont pas actualisées en temps réel au niveau des étiquetages. Un problème que l'on ne devrait plus connaître avec la RFID.⁹⁵

⁹⁵ Rousseau M, *Un pavé dans la mare du code barres*, Filrfid, 13/12/2006.

D'autres évolutions du code barres sont cependant envisageables : c'est le cas de la solution "Visidot" proposée par la société israélienne *ImageID*⁹⁶. Ce système se base sur la technologie des codes barres. Il est composé d'un puissant dispositif de lecture automatique capable de reconnaître plus de 500 codes barres à des distances pouvant atteindre plus de 6 mètres. De plus, cette solution propose une série d'applications permettant un déploiement rapide et l'intégration des données dans le système de l'entreprise existant. Ce type de solution palie divers inconvénients liés à l'utilisation du code barres mais pas à tous : par exemple, pour un taux d'identification satisfaisant, la lecture des codes barres nécessite une vision directe. De plus ce genre de solution est financièrement plus lourd.

Il semble que la technologie RFId ne soit pas encore en mesure d'éclipser totalement le code barres. Il ne serait pas raisonnable, d'un point de vue économique, de remplacer chaque code barres par une étiquette RFId. Bien que des efforts de standardisation concernant la régulation des ondes radios soient réalisés, la mise en place effective au niveau mondial prend du temps. De plus, l'investissement consenti dans une nouvelle technologie comme la RFId est peu significative dans un système oeuvrant en boucle ouverte. Ces différents éléments sont les raisons pour lesquelles actuellement - et pendant quelque temps encore - les deux technologies sont vouées à cohabiter.

⁹⁶ [<http://www.visidot.com/>] (Visité le 18/01/2008)

PARTIE II

INTRODUCTION

La deuxième partie de ce travail, composé de quatre chapitres, a pour objectif d'aborder les concepts clés liés au déploiement de la *Radio Frequency Identification* dans les organisations (public et privé).

Dans le premier chapitre, nous tâcherons de comprendre l'impact et les contraintes liées à l'infrastructure logicielle à mettre en place pour assurer une utilisation efficace des systèmes RFId.

Dans le deuxième chapitre, nous tenterons de présenter l'impact économique de cette technologie sur le marché mondial, et de montrer les différents champs d'application qu'elle recouvre.

Dans le troisième chapitre, nous aborderons les problèmes éthiques et les aspects juridiques que soulève l'utilisation massive de la technologie RFId. Nous esquisserons les recommandations émises par la Commission européenne.

Enfin, dans le quatrième chapitre, nous allons tenter de comprendre le processus de déploiement de la technologie RFId en circuit ouvert. Nous préciserons ce qu'est un système en circuit ouvert et en quoi le succès de la RFId en dépend. Pour cela, nous nous appuierons sur le déploiement de cette technologie émergente, au sein de la grande chaîne de distribution américaine Wal-Mart.

CHAPITRE I

L'INFRASTRUCTURE LOGICIELLE D'UN SYSTÈME RFID

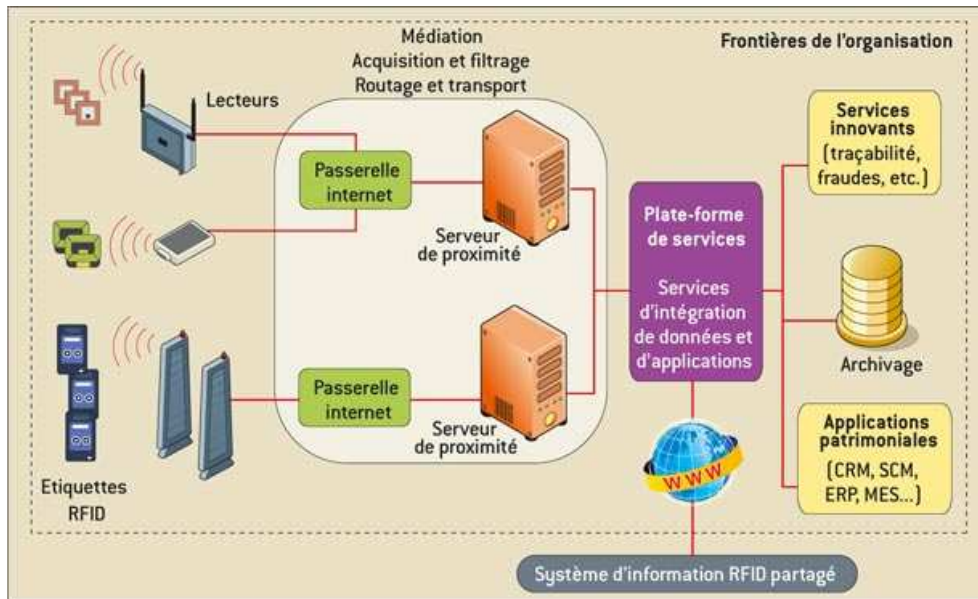
L'infrastructure logicielle est, dans un système RFID, la partie immergée de l'iceberg. Son intégration et son déploiement au sein de l'entreprise sont des enjeux stratégiques primordiaux pour le succès de l'utilisation d'un système RFID.

Quel est le rôle de cette infrastructure, qui est désignée le plus souvent par le vocable "middleware" ? Comme le souligne M. Rousseau, [...] *Désormais, les entreprises peuvent détecter les exceptions aux procédures bien avant qu'elles ne surviennent, ceci en mettant en place et en monitorant des indicateurs clé de performances, comme par exemple la pertinence de l'inventaire, le remplissage des commandes, la disponibilité des produits, facteurs qui affectent grandement la productivité des entreprises, [...], pour que de telles actions puissent être intégrées dans le système d'information, il est nécessaire de traduire ces données collectées par les lecteurs RFID, [...]* C'est à tout ceci que sert le middleware RFID⁹⁷.

Le middleware désigne l'ensemble des logiciels qui permettent l'intégration des dispositifs RFID avec les applications mises en place dans l'entreprise. Le principal objectif⁹⁸ du middleware est de rendre exploitables les données collectées

⁹⁷ Rousseau M, Middleware RFID: Profession intermédiaire, Datacollection, 26/04/2006.

⁹⁸ Sweeney Patrick, *op cit*, pp. 205-218

Figure 16 Architecture fonctionnelle de l'infrastructure logicielle⁹⁹

Le middleware doit fournir une interface permettant de communiquer avec les lecteurs RFID afin d'en faciliter la maintenance. A travers cette interface, un utilisateur doit pouvoir gérer et communiquer avec l'ensemble des lecteurs RFID. Le middleware assure de cette manière une séparation entre la partie physique et la partie logique de l'infrastructure, permettant de la sorte l'évolution et l'interopérabilité du système.

Il doit également assurer un rôle de médiation. En transportant et en routant les données venant des dispositifs RFID vers des serveurs de proximité, avant de les traiter.

Le traitement des données consiste, dans un premier temps, à leur appliquer un filtre, indispensable dans le cas de données volumineuses, comme l'illustre l'exemple ¹⁰⁰suivant: *En partant du principe qu'une lecture identifie tous les objets, qu'une palette dispose de 25 objets, qu'un rack contient 4 palettes et que le lecteur effectue 10 lectures par minute, on a $25(\text{objets}) \times 4(\text{palettes}) \times 10(\text{lecture/minute}) = 1000$ identifiants par minute pour un rack*".

⁹⁹ Mathieux B et Dupin JB, "RFID: Vers l'architecture à géométrie variable", 01Net, 06/11/2006.

¹⁰⁰ Himanshu Bhatt, Bill Glover, *RFID Essentials*, "Chapter two: RFID architecture : 2.3 RFID system components", O'Reilly, California, USA, 2006

Dans un second temps, le traitement consiste à formater ces informations en fonction du contexte de l'entreprise. Il sera en effet plus utile de savoir qu'un rack de produits X a été scanné à Y heure pour partir vers l'entreprise Z, plutôt que de savoir que le lecteur A vient de recevoir les identifiants X,Y, Z.

La médiation intègre en outre différents services d'intégration et d'exploitation. Les services d'intégration assurent une liaison avec les applications s'exécutant dans l'entreprise (applications patrimoniales¹⁰¹), et consistent à rendre les données compréhensibles par ces applications. Les services d'exploitation, quant à eux, vont permettre de mettre en place un système de gestion des différents composants.

Enfin, le middleware doit mettre en place un système d'information RFId partagé. Ce rôle est joué par l'ONS dans le standard EPC.

La difficulté majeure d'un middleware repose sur son intégration dans un environnement distribué et hétérogène (différentes bases de données, différents lecteurs, différentes applications, etc.). Comme le souligne M. Rousseau, le déploiement du middleware demande une certaine réflexion, et peut avoir un impact non négligeable financièrement :

Pour éviter les déconvenues, et notamment les abandons purs et simples de pilotes du fait d'une croissance exponentielle des dépenses mal maîtrisées, il est bon de raisonner sur son middleware non uniquement en termes de fonctionnalités mais également en termes d'enveloppe d'investissement. En premier lieu, il ne faut pas réinventer la roue. Autrement dit, si l'on dispose déjà d'un middleware pour gérer les données en provenance des codes-barres, il n'est guère besoin que d'acquérir les modules complémentaires proposés par le même éditeur pour gérer cette fois-ci les flux de données RFId. On doit toutefois mettre un bémol à pareille affirmation. Si la RFId est pensée en termes de refonte complète des processus, il sera bon de se demander si une

¹⁰¹ SCM (SupplyChain management), ERP (Entreprise resource planning), WMS (Warehouse management), CRM(Customer relationship management) .

*simple rustine sur l'ancien système suffira ou s'il n'est pas préférable d'adopter une nouvelle solution.*¹⁰²

Au niveau des critères de sélection, l'étude menée par l'institut Forester¹⁰³ préconise l'utilisation d'un système ouvert, qui devra intégrer le standard , filtrer les données d'un plus grand nombre de dispositifs RFId possible et être compatible avec un grand nombre de bases de données différentes. Les solutions qui s'offrent aux entreprises peuvent être complètes ou modulaires. Les grands éditeurs tels que IBM, Microsoft, ou Sun se détachent des autres en proposant des solutions de déploiement de bout en bout. Sur le plan technologique, ces éditeurs ont majoritairement recours au langage Java (hormis pour l'offre Microsoft) et aux serveurs d'application J2EE. Les Web Services et le langage XML sont le plus souvent choisis pour l'intégration avec les applications back-office et pour la communication B2B. Certaines solutions sont libres : c'est ce que propose, par exemple, le consortium ObjectWeb¹⁰⁴. Composé d'équipes de recherche et de développement basées en France et en Chine, celui-ci semble être une alternative sérieuse face aux diverses offres commerciales. Il propose une série de logiciels libres répondant aux exigences d'une infrastructure complète pour l'intégration de systèmes RFId.

¹⁰² Rousseau M, *Middleware RFID: l'embarras du choix*, Datacollection, 04/09/2006.

¹⁰³ Leaver Sharyn, *Evaluating RFID Middleware*, Forrester Research, 13/08/2004

¹⁰⁴ [<http://rfidi.objectweb.org/>] (Visité le 14/03/2008)

CHAPITRE II

POTENTIEL DE LA RFID : LE MARCHÉ, LES SECTEURS ET TYPES D'APPLICATIONS

La première partie de ce chapitre a pour objectif de faire le point sur les perspectives actuelles et futures du marché de la RFID. A cette fin, nous nous sommes basés sur différentes études dont certaines informations ont été publiées sur Internet. Il convient de préciser que la plupart de ces études proviennent de cabinets de consultance privés, et sont le plus souvent réalisées sur commande. L'intégralité de ces études n'est accessible que moyennant leur achat onéreux.

Ces cabinets ne dévoilent pas la méthodologie qu'ils ont employée dans le cadre de ces études. En outre, les chiffres et estimations cités ne donnent aucune information sur les types d'étiquettes et sur les infrastructures logicielles RFID. Conscient de la nécessité de prendre ces données avec précaution, nous avons toutefois estimé intéressant de les mentionner car ces études du marché mondial de la RFID s'accordent pour affirmer que le marché de la RFID connaît une croissance exponentielle.

1. LE MARCHÉ DE LA RFID

La société britannique d'étude de marchés *Future Horizons*, annonce "[u]ne progression de 255% de 900 millions de dollars en 2003 à 2,3 milliards de dollars en 2010. Selon *Future Horizons*, le marché des étiquettes dites « non commerciales » représentait 300 millions d'unités en 2003. Il devrait passer à un milliard d'unités en 2004 (voir figure 16). Le marché des étiquettes « commerciales » qui représentait 300 millions d'unités en 2003 devrait quant à lui évoluer vers 65 milliards d'unités en 2010."¹⁰⁵

Evolution du marché mondial des étiquettes RFID (en milliards d'unités)

	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*	2010*
Etiquettes commerciales	0,1	0,3	1,6	6,0	11,0	19,0	31,0	45,0	65,0
Etiquettes non-commerciales	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0

*Source et estimations : *Future Horizons*

Figure 17 Evolution du marché mondial des étiquettes RFID (Future Horizons)¹⁰⁶

Le marché mondial de la RFID était estimé en 2004¹⁰⁷ à 1,5 milliard de dollars, dont 464 millions pour le marché européen. L'étude menée par le cabinet *IDtechEx*¹⁰⁸ prévoit une perspective de croissance forte pour les dix prochaines années, avec une estimation de 485 milliards de puces vendues pour 2016. Selon ce même cabinet, le marché de l'industrie RFID serait évalué à 12,35 milliards de dollars pour 2010. Ce chiffre est revu à la baisse par une autre étude¹⁰⁹ menée par Gartner qui estimerait ce marché à 3 milliards pour 2010, en excluant les marchés des services associés.

¹⁰⁵ Gougeo F, *Le marché RFID devrait progresser de 255% d'ici à 2010*, TraceNewsInfo, Date NC.

¹⁰⁶ [<http://www.expertsdurisque.com/?Jpto=116&CurrentNode=992&Lang=FR&IdNode=990>] (Visité le 18/03/2008)

¹⁰⁷ Pierre Audoin Consultants, *Le marché de la RFID en France : Maturité et évolution*, mai 2005.

¹⁰⁸ Delfau V, *Marché RFID : des revenus multipliés par dix d'ici 2016*, Le monde Informatique, 30/01/2006.

¹⁰⁹ RFIDUpdate, *Gartner: RFID Market \$3 Billion in 2010*, RfidUpdate, 13/12/2005.

1.1 Etat du marché de l'infrastructure logiciel et des services associé à la RFID

Cependant, le nombre d'acteurs provenant du monde des solutions logicielles impliquées dans le développement de la RFID permet d'affirmer que celle-ci a créé un marché non négligeable. Le marché du *middleware* était estimé¹¹⁰ à 47 millions de dollars en 2004 et, comme le souligne une étude menée par *IDTechEx*¹¹¹, il serait amené à représenter 49 % du marché global des systèmes RFID en 2010 (voir figure 18).



Figure 18 Répartition du marché RFID (Estimation 2010, IDTechEx)

Selon cette même étude, ce marché de l'infrastructure logicielle RFID pourrait atteindre 1.550 millions de dollars en 2011.

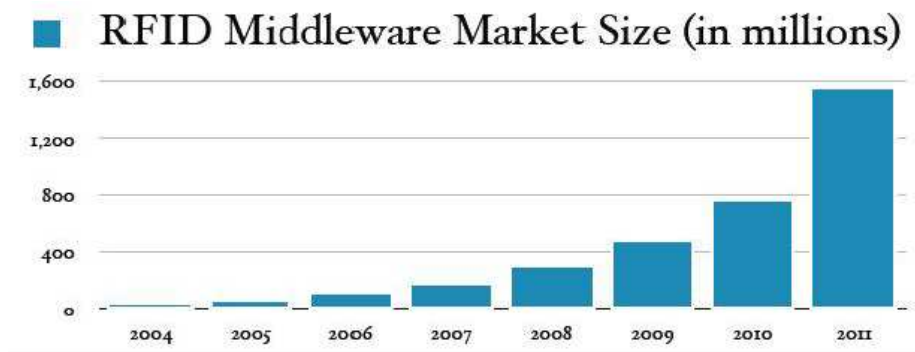


Figure 19 Estimation du marché du middleware RFID

La plupart des études de marché portant sur la RFID et sur les services associés prédisent un avenir économique prometteur à cette technologie, bien qu'il subsiste parfois un écart entre l'intérêt porté à cette technologie et la réalité des carnets de

¹¹⁰ Letellier F, *Etiquette Electronique RFID : Infrastructure logicielles et middleware*, op.cit, p. 5.

¹¹¹ Idem

commandes¹¹². La RFID est avant tout soutenue par les grands acteurs technologiques de la scène internationale, comme Philips Semiconductor, Hitachi, Nec, Infineon, Texas-Instrument, grands fabricants de composants électroniques, mais également par les leaders en matière de systèmes d'information ou de solutions logicielles comme IBM, Accenture, Bearing-Point, Microsoft, Sun, Oracle ou SAP. La plupart de ces sociétés, d'origine américaine, sont souvent très actives au sein de l'EPCglobal Inc.

1.2 Politiques publiques et initiatives privées

Les États européens se sont généralement prononcés en faveur d'une politique d'autorégulation par le secteur, dans le but de ne pas entraver les avancées et les initiatives des industriels. La Commission européenne s'est penchée sur les problèmes relatifs aux risques de santé et de protection des libertés individuelles, sur lesquels nous reviendrons ultérieurement.

En Grande-Bretagne, le Ministère de l'Intérieur a lancé, en mars 2000, le "Chips and Goods Initiative"¹¹³, une campagne de promotion en vue d'accélérer l'adoption de projets RFID et d'illustrer, au travers de huit projets pilotes, l'efficacité de la RFID dans la lutte contre la criminalité. En France, plusieurs études sur l'impact économique et sur les risques relatifs aux libertés individuelles ont été réalisées par la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés), entre autres. Le Ministère de l'Économie Française veut créer un centre national de référence de la RFID pour soutenir le développement de la RFID dans les entreprises. Signalons enfin la volonté de l'Europe du Nord, et plus particulièrement de la Finlande, d'imposer la RFID dans les services publics¹¹⁴.

¹¹² Culnaërt E, *Dossier de veille AEC: Promesses et menaces des puces et étiquettes RFID*, n° 20 Bis, XX/04/2006

¹¹³ [<http://www.chippingofgoods.org.uk/>] (Visité le 22/12/2007)

¹¹⁴ Etude de cas relatif à l'utilisation de la RFID à la poste finlandaise

Aux Etats-Unis, à l'instar des autorités européennes, la FTC¹¹⁵ (*Federal Trade Commission*) n'a émis aucune réglementation¹¹⁶. Afin d'évaluer l'efficacité de la technologie RFID, l'administration américaine a mis en place un "RFID Intragovernment Council" qui organise différents ateliers de discussion. L'agence américaine chargée d'auditer la comptabilité fédérale (la *General Accounting Office*) a recensé, en mai 2005, plus de 28 projets RFID dans 15 départements fédéraux. Enfin, signalons qu'outre le Département de la Défense, très impliqué dans la promotion de la RFID, des sénateurs influents¹¹⁷ militent en faveur d'une politique de promotion plus ambitieuse.

L'Asie est elle aussi très dynamique dans ce secteur. La Corée du Sud est impliquée activement dans de grands projets tels que "Ubiquitous-sensor", "U-Cities"¹¹⁸. Ces initiatives bénéficient du soutien du Ministère de l'Information sud-coréen (MIC), dont le but est de positionner le pays parmi les leaders de cette technologie à l'horizon 2010. De manière analogue, le Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie japonaise (METI) initie également de nombreux projets, sous le vocable "U-Japan"¹¹⁹, visant à généraliser l'utilisation de la RFID dans des applications très diverses. Enfin, la Chine a publié un livre blanc¹²⁰ qui décrit les principaux axes du

¹¹⁵ La *Federal Trade Commission* (FTC) est une juridiction administrative américaine en charge des litiges de consommation et de la surveillance du respect des pratiques loyales dans les relations entre entreprises et consommateurs. in Darquennes D & Poulet Y, Darquennes D & Poulet Y, *RFID: Quelques réflexions introductives à un débat de société*, p. 270, *Revue du droit des technologies de l'information*, n°26, 2006

¹¹⁶ La FTC justifie cependant son attitude non par une opposition de principe à la réglementation de cette technologie mais juge prématurée une intervention réglementaire. [...] Son objectif principal est de surveiller l'évolution de l'autorégulation en cours et de n'intervenir que lorsque cela s'avère approprié. Sur base des constats qu'elle pourra opérer, la FTC n'écartera cependant pas bien au contraire la possibilité de publier des directives dans le futur. In Darquennes D & Poulet Y, op. cit., p. 270

¹¹⁷ Citons par exemple les articles relatifs aux sénateurs John Ensign [<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/2452/>] (Visité le 16/04/2008) et Byron Dorgan [<http://www.rfidjournal.com/article/view/1440/1/1>] (Visité le 16/04/2008)

¹¹⁸ [L]es projets immobiliers d'U-Cities, une soixantaine de cités ultramodernes entièrement équipées en fibre optique et en RFID : le gouvernement investira 17 millions d'euros d'amorçage sur trois ans pour ces projets, l'investissement privé (opérateurs, industriels et promoteurs immobiliers coréens ou étrangers) se chiffrant aussi en centaines de millions d'euros. In Lahrichi Y, *Le point sur...Le marché de la RFID en Corée du Sud*, 14/08/2007.

¹¹⁹ Banâtre M, Parent M, Diaz M, Simplot-Ryl D, Fleury E, *Rapport de mission : La société ubiquitaire au Japon*, 01/05/2007.

¹²⁰ Ministries and Commissions including Ministry of Science and Technology of China, *White Paper On RFID Technology Policy in China*, 09/9/2006.

développement de la technologie RFId en Chine. Le marché RFId en Chine ne cesse de croître : d'après le cabinet d'étude *Analysis International*¹²¹, il a doublé entre 2004 et 2005.

Au niveau des initiatives privées, il ressort d'une étude réalisée par *CompTIA* (c'est-à-dire *Computing Technology Industry Association*)¹²² que plus de la moitié des 500 entreprises nord-américaines interrogées travaillent sur un projet RFId. Le secteur automobile arrive en tête avec 59%, suivi par les industries de biens de consommation *ex aequo* à 58% avec les industries du transport et de la logistique. La tendance est la même en Europe, puisque cette même étude montre que 36% des grandes entreprises interrogées en 2005 affirment avoir investi dans la RFId et 21% envisagent cet investissement dans un futur proche. Comme nous l'avons signalé plus haut, quelques grands prescripteurs économiques, tels que le Département de la Défense américaine et les groupes de distribution Wal-Mart et Metro appuient les efforts du marché de la RFId au niveau mondial. La figure 20, provient d'une étude réalisée par le cabinet *IDTechEx*¹²³, montre le nombre de projets recensés dans la base de données d'*IDTechEx*, impliquant la technologie RFId par pays pour l'année 2007. Bien que les Etats-Unis et l'Europe aient une position de leaders actuellement, il semblerait que l'Asie devienne prochainement un acteur incontournable, comme le souligne E. Culnaërt : *Les analyses tablent pour une part asiatique de 48% en 2010 suivie par les Etats-Unis avec 32%*¹²⁴.

¹²¹Rousseau M, *Standard RFID en Chine: On ne joue plus "Lève toi, Tag rouge!", Filrfid*, Date NC.

¹²² *idem*

¹²³ *IDTechEx, RFID Forecasts, Players & Opportunities 2007-2012*, 2007, IDTechEx, p. 49.

¹²⁴ Culnaërt E, *op.cit.*

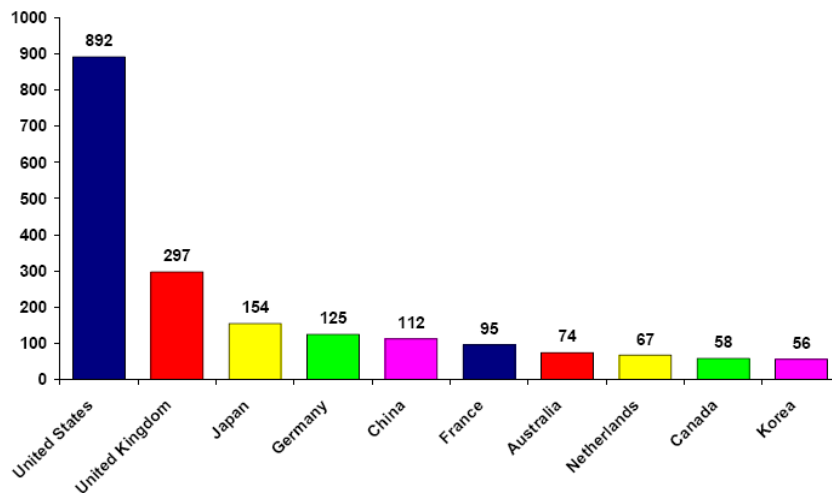


Figure 20 Nombre de projets RFID par pays recensé par IDTechEx

2. LES SECTEURS D'ACTIVITES

Les champs d'application des systèmes RFID sont amples et variés. Au-delà de l'identification, la RFID permet la traçabilité ainsi qu'un contrôle "qualité" pour vérifier, par exemple, l'origine et la non-péremption de produits alimentaires ou bien le parcours de livres en bibliothèque. La RFID rend possible la mise en place d'applications visant la lutte contre le vol dans les magasins, de systèmes de démarrage pour des véhicules, ou encore celle d'applications dans le domaine de paiement sans contact. Comme le montre le tableau 12¹²⁵, c'est dans les applications de paiement (cartes à puce) que la RFID est massivement utilisée. Arrive ensuite le domaine du transport et la gestion des chaînes d'approvisionnement.

¹²⁵ Alberganti M, *RFID: un marché mondial de 5 milliards de dollars en 2007*, 6/03/2008 source du tableau IDTechEX. [<http://www.smallbrothers.org/actu.htm>]

Application	Nombre d'étiquettes (en millions)
Carte à puces	630
Tickets, billets	250
Palettes	225
Distribution	95
Animaux	80
Livres	60
Clé de voiture	47
Bagages	45
Passeports	45
Production	40
Militaires	25
Convoyeurs	25
Médicaments	18
Santé	12
Archivage	8

Tableau 12 Estimation par champ d'application du nombre d'étiquettes RFId utilisées en 2007

Examinons à présent quelques exemples d'application de la RFId, dans des domaines différents.

2.1. La RFId dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement

L'absence de visibilité du parcours des produits pose des problèmes d'efficacité dans l'exploitation de la chaîne d'approvisionnement. L'objectif principal des logisticiens est de conserver un stock de produits permettant de répondre dynamiquement à la demande. Les systèmes RFId permettent d'obtenir des informations en temps réel sur les produits et ce, tout au long de la filière de distribution. Les informations obtenues permettent en outre de déterminer d'éventuelles erreurs de conception, d'assurer un contrôle "qualité" et d'avoir une vision transparente de la chaîne (voir figure 21). Les gains ainsi générés permettent des économies importantes, comme le précise l'étude réalisée par le CSC (*Computer Sciences Corporation*) :

Le programme "Visibilité totale des ressources" (Total Asset Visibility) du Ministère américain de la Défense a permis de réaliser 90 % d'économies sur les stocks, de raccourcir les cycles, d'accroître la productivité, d'éliminer quasiment tous les surstocks, de réaliser des économies sur toute la gamme des activités liées à la chaîne logistique. Tout ceci à l'échelle mondiale. Dans la sphère économique, des projets du même ordre ont également permis de parvenir à des économies substantielles, avec des délais de retour sur investissement chiffrés en mois et non plus en années.¹²⁶

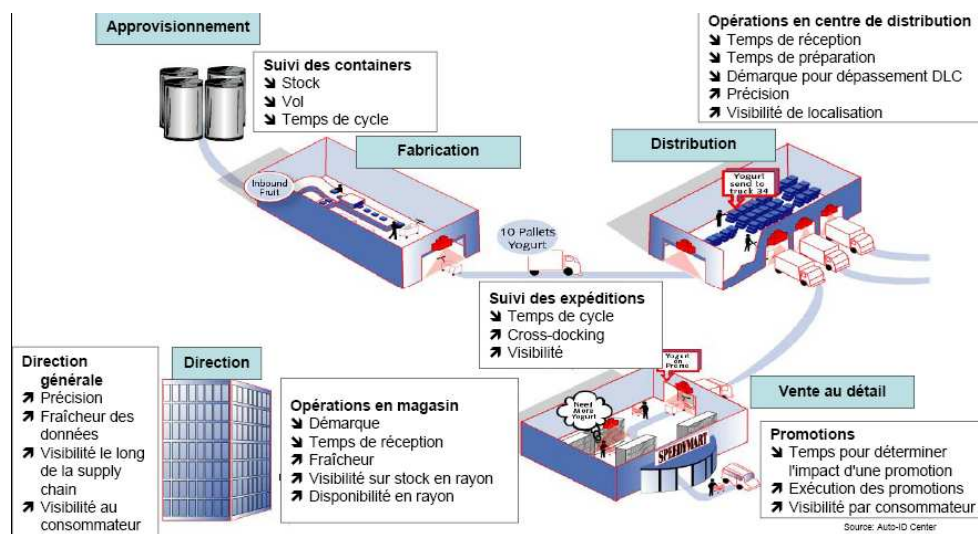


Figure 21 Impact de la RFID dans la chaîne d'approvisionnement

Initiée par l'Auto-ID-Center et suivie par de grandes chaînes de logistique mondiales, la technologie RFID est en passe de devenir incontournable. Actuellement des études et des projets pilotes¹²⁷ sont en cours dans de grands groupes tels que par exemple Metro Group (Allemagne). Initiée en novembre 2004, l'utilisation de la technologie RFID a progressivement été imposée par le groupe Metro à ses 100 plus grands fournisseurs. Au-delà de la gestion de la chaîne d'approvisionnement, l'objectif à terme est de concevoir le "magasin du futur"¹²⁸ permettant de faciliter et d'améliorer les relations avec la clientèle grâce à la technologie RFID.

¹²⁶ CSC, RFID – Transforming the Supply Chain, p. 3, 2005.

¹²⁷ Bhuptani M, Moradpour S, RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems, "Part III: The Path AHEAD : Initiatives at Other Organizations", Prentice Hall, 18/02/2005.[CD-ROM]

¹²⁸ [http://www.future-store.org] (Visité le 17/04/2008)

2.2 La RFID dans le secteur de la santé

L'utilisation de la RFID dans les applications relatives au domaine de la santé est de plus en plus fréquente¹²⁹. Les recommandations émises en 2006 aux États-Unis par la FDA (*Food and Drug Administration*)¹³⁰, favorisant l'utilisation de la RFID pour lutter contre la contrefaçon, ont probablement favorisé ce phénomène.

Les secteurs du référencement et du traitement d'échantillons biologiques ont été les tout premiers secteurs de la santé à adopter la puce RFID¹³¹. L'utilisation de la RFID permet par exemple une meilleure traçabilité des flux d'échantillons (urine, sang, salive,...) afin de diminuer les risques d'erreur de diagnostic dans les hôpitaux et les laboratoires. De nombreux hôpitaux, à travers le monde, testent des systèmes s'appuyant sur la RFID pour le suivi du matériel mais également pour la localisation et la vérification des accès¹³², ou encore pour l'identification des médicaments et des patients. Il existe par exemple des solutions¹³³ combinant des patches autocollants RFID qui, une fois appliqués sur la peau d'un patient, communiquent avec des appareils mobiles et transmettent le bilan médical d'un patient au personnel soignant d'un hôpital. D'autres projets sont en cours d'étude, comme par exemple à l'hôpital

¹²⁹ Rfid Gazette, *RFID Opportunities In Health Care and Life Sciences*, Rfid Gazette, 06/09/2006.; L'article fait état du rapport du cabinet d'expertise IDTechEX, estimant le marché de la RFID dans les soins de santé à plusieurs milliards de dollars dans les 10 prochaines années.

¹³⁰ [La FDA (*Food and Drug Administration*) recommande d'équiper les palettes de médicaments de systèmes RFID dans le but de lutter contre la contrefaçon, un séminaire consacré à cette question aura lieu les 8 et 9 février 2006. Des études sont en cours pour connaître l'effet du champ créé par l'utilisation de RFID sur certains médicaments [...]. in [<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/31714.htm>] (Visité le 21/04/2008)]

¹³¹ [<http://www.gazettelabo.fr/2002archives/breves/2006/0606/rfid.htm>] (Visité le 21/04/2008)]

¹³² Afin d'éviter le rapt d'enfant, la maternité du centre hospitalier intercommunal du Raincy-Montfermeil (en banlieue parisienne) s'est dotée d'un bracelet "Blue-Tag" de 20 grammes (commercialisé par BlueLinea) contenant une puce de nature active qui envoie un signal radio (800Mhz) toutes les secondes permettant de localiser le nourrisson. [<http://www.news.fr/actualite/societe/0,3800002050,39368577,00.htm>] (Visité le 21/04/2008)]

¹³³ [Des patches RFID capables de transmettre le bilan médical d'un patient permettront de réduire le nombre d'erreurs médicales et de mauvais diagnostics. C'est ce qu'estime la société spécialisée dans les technologies sans-fil sur téléphone portable Gentag. Celle-ci s'associe au fabricant britannique de produits pharmaceutiques Franck Sammeroff pour commercialiser une solution combinant des patches de peau RFID et des logiciels mobiles[...]. in L'atelier, L'information médicale se transmet par patch RFID, L'Atelier, 8/11/2007.]

du Massachusetts. Ce projet¹³⁴ a été initié par le Dr Sunny DZick en 2004, l'objectif étant de limiter les erreurs de distraction constatées, dans certaines situations critiques, lors de transfusion sanguine chez un patient en apposant des étiquettes RFID sur des poches sanguines.

Aux Pays-Bas, le ministère de la Santé Publique, du Bien-être et des Sports va examiner les possibilités d'application de la RFID dans les soins de santé. Le projet se déroule en trois phases :

La première concernera l'identification des personnes et la configuration de la salle d'opérations, et devrait offrir une meilleure vision du déroulement du processus des soins prodigués dans et autour de la salle d'opérations. La deuxième phase pilote aura pour but de tracer, par patient, la consommation de matériaux dans la salle d'opérations, afin d'optimiser la gestion des stocks. Et la troisième phase pilote portera sur "le suivi et le tracé" des produits sanguins au moyen de balises RFID sensibles à la température.¹³⁵

2.3 La RFID dans l'identification et le transport des biens et des personnes

L'identification des biens et des personnes est un domaine prometteur pour les applications RFID. En effet, le gain d'utilisation est souvent multiple puisqu'on peut à la fois identifier une cible de manière univoque, assurer sa traçabilité, et lutter contre la contrefaçon. Comme nous l'avons déjà vu, on utilise des puces RFID de nature active pour identifier les véhicules lors des péages autoroutiers (système EZ-PASS).

Dans le cas de l'identification des personnes, les étiquettes utilisées sont le plus souvent de nature passive et fonctionnent généralement à 13,56 MHz (ISO 1443B). Elles nécessitent un contact rapproché afin de minimiser l'incursion d'une entité étrangère lors de l'échange d'informations. La technologie RFID permet de contrôler

¹³⁴ Dzik.S, *RFID and Smart Packaging in healthcare*., IDTechEx, 25/042006.

¹³⁵ [<http://www.tracenews.info/Les-soins-de-sante-hollandais-vont.html>] (Visité le 21/04/2008)

l'accès des personnes à des bâtiments ou d'identifier, à l'aide d'un badge intégrant une puce RFId, des personnes dans les transports en commun. Par exemple en France, la RATP à partir des années 2000 a progressivement modernisé son réseau de transport en commun en introduisant un nouveau système de péage. Le système¹³⁶ choisi est basé sur une carte à puce¹³⁷ RFId sans contact. Le projet appelé "Navigo" repose sur trois produits phares : le passe *Navigo* pour les abonnés, un passe anonyme et un ticket électronique. Le système permet de satisfaire plus rapidement les clients. On utilise également des puces RFId dans les passeports biométriques et les cartes d'identité électroniques. A la différence du code barres, la technologie RFId est plus difficilement falsifiable. Elle permet de lutter plus efficacement contre la contrefaçon.

2.4 La RFId et le paiement sans contact

La technologie RFId connaît un véritable essor en matière d'applications de paiement sans contact. Différents fournisseurs - comme *Inside Contactless* ou *ASK* - proposent des solutions de cartes sans contact basées sur la technologie RFId¹³⁸. Plusieurs projets compatibles avec MasterCard, Visa et Amex sont en cours aux Etats-Unis, en Europe et en Asie. L'identification pour ce type d'application ne se fait plus au niveau du porteur, aucune saisie de code secret n'est demandée. L'authentification se fait via un système de certificats statiques (valeur signée stockée dans la carte) ou dynamiques (algorithme de cryptage). L'authentification est vérifiée par la banque, via le dispositif de paiement. Le temps de la transaction est inférieur à celui d'un paiement classique par carte bancaire. Lors de la connexion avec la banque, la carte sans contact peut être rechargée au moment de la transaction si son solde est insuffisant. Il sera crédité automatiquement selon un niveau plafond défini préalablement entre le consommateur et son établissement bancaire. Par exemple, au Japon, NTT Docomo (opérateur mobile), lance en partenariat avec Sony en juillet

¹³⁶ Lamalle JL, *La télébillétique à la RATP*, 12/10/2005.

¹³⁷Modèle CTS256B [http://www.ask.fr/uk/products_and_services/c_ticket.html] (Visité le 21/04/2008)

¹³⁸ Conforme aux normes ISO/IEC 14443-B et ISO/IEC 1593

2004¹³⁹ plusieurs GSM compatibles "i-mode Felica"¹⁴⁰. L'objectif est de proposer, via ces mobiles, la possibilité de payer sans contact des services et achats (restaurant, ticket de cinéma, etc.) dans différents points de vente¹⁴¹. Le crédit est débité directement sur le compte de l'abonné et non sur le compte en banque.

¹³⁹ Plus de 6 millions d'utilisateurs peuvent utiliser ce service dans plus de 25 000 boutiques et 6 000 distributeurs (à la date du 3 septembre 2005). . in *ServicesMobiles, Usages et chiffres sur I-mode FeliCa*, 27/10/2005

¹⁴⁰ [<http://www.nttdocomo.co.jp/english/service/osaifu/index.html>] (Visité le 21/04/2008)

¹⁴¹ IDTechEx, *The RFID Knowledgebase : Sample Case studies*, IDtechex, 01/01/2007, pp. 22-28.

CHAPITRE III

CONTRAINTES SOCIALES DE LA RFID : ASPECTS ETHIQUES ET JURIDIQUES

Le présent chapitre n'a pas prétention d'analyser des textes de lois. Il a pour but d'informer le lecteur sur les réflexions juridiques et éthiques portant sur la RFID qui ont été menées par les instances européennes.

Comme nous avons pu le constater, les experts et les analystes s'accordent sur une croissance sûre du marché de la RFID. Cette future incursion massive de la RFID, implique la création d'un cadre législatif donnant aux citoyens des garanties suffisantes en matière de santé et de confidentialité des données. Entre juillet et septembre 2006, la commission européenne a organisé une vaste consultation publique portant sur la technologie RFID. Cette consultation comprenait cinq ateliers et une consultation en ligne. Elle a réuni 2190 personnes¹⁴² (70% de citoyens européens ; 30 % d'industriels, de chercheurs et d'institutions publiques), et a permis de mettre en évidence les attentes des uns et des autres, et les craintes soulevées par l'utilisation de cette technologie. Nous n'évoquerons dans ce chapitre que les résultats¹⁴³ portant sur les risques d'atteinte à la vie privée.

Il ressort de cette consultation¹⁴⁴ que 74 % des sondés se disent inquiets d'une utilisation abusive de ces données permettant le suivi des personnes. Cependant, les personnes interrogées estiment que les technologies de protection de la vie privée (à

¹⁴² Le faible nombre de participants peut s'expliquer par certaines incohérences dans l'organisation de cette étude. Tout d'abord, le temps imparti est trop court pour une réflexion d'une telle envergure. Ensuite, cette consultation a eu lieu à une période proche des vacances, mal choisie pour une implication optimale du citoyen européen moyen. Enfin, soulignons que les documents constituant la consultation étaient initialement en langue anglaise.

¹⁴³ Dans la communication des résultats de la consultation publique, il est notamment question des craintes relatives à la santé des personnes (pollution électromagnétique), à l'environnement (récupération en fin de vie) et à la gouvernance des ressources du futur "Internet des objets" Commission Européenne, *L'identification par RadioFréquence en Europe: Vers un cadre politique*, Date NC.

¹⁴⁴ Commission Européenne, *Results of the public online consultation on future radio frequency identification technology policy: The RFID Revolution: Your voice on the Challenges, Opportunities and Threats*, Date NC.

70%), de la transparence et de l'information (à 67%) et d'un ajustement de la législation actuelle (à 55%) pourraient apaiser leurs craintes.

A la suite de cette consultation, la Commission européenne a décidé de n'imposer aucune réglementation¹⁴⁵ pour l'emploi de la RFId, de façon à ne pas entraver le marché de la RFId en Europe.

Cependant, la Commission européenne s'est engagée à aborder certaines questions exprimées par les sondés au sujet des risques liés à l'utilisation de la RFId dans la vie privée, la protection des données et la sécurité en adoptant prochainement une recommandation à ce sujet¹⁴⁶.

1. LA RFID, VECTEUR DE DONNÉES PERSONNELLES

L'atteinte à la vie privée est l'une des préoccupations majeures des citoyens qui ont participé à cette enquête. En effet, en fonction de l'application, les puces sont susceptibles de contenir des données à caractère personnel.

La RFId peut, en effet, être utilisée dans des documents administratifs tels que les cartes d'identité électroniques ou les passeports biométriques. Ces documents comportent de toute évidence des données qui permettent d'identifier un individu : patronyme, adresse, nationalité, numéro national. Il en va de même pour les nombreux projets RFId portant sur les soins de santé qui visent à stocker des informations relatives aux dossiers médicaux des personnes. Dans ces deux cas, la RFId est bel et bien vecteur de données personnelles.

¹⁴⁵ Consciente du fort potentiel et du développement économique du marché de la RFID, la commission européenne estime qu'il n'est pas nécessaire de "sur-réglementer" l'utilisation de cette technologie. Pour légitimer ce choix, elle s'appuie sur une étude de la *Deutsch Bank* qui évalue le marché européen à 45% (en deçà du marché mondial évalué, lui, à 60%).

¹⁴⁶ Il s'agit d'un ensemble de 11 articles, susceptibles d'évoluer, qui ont été établis en concertation avec le groupe d'experts de la RFID, le comité économique et social européen (CESE), le groupe de travail de protection des données de l'article 29, le contrôleur européen à la protection des données et l'OCDE. Cette recommandation ne sera adoptée qu'à l'été 2008 et ce après une nouvelle consultation publique. [http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/doc/consfr.pdf]

Est-ce aussi le cas dans le cadre de la grande distribution ? Non, apparemment, puisque dans ce type d'applications, les données permettent d'identifier un *objet* et d'en établir sa "traçabilité" tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Cependant, ces informations pourraient être détournées de leurs fonctions premières en permettant de profiler¹⁴⁷, voire d'identifier¹⁴⁸ indirectement les personnes, par la mutualisation des informations provenant de l'ensemble des objets "pucés" portés par elles.

La "donnée personnelle" dépasse donc "[l'] information qui permet d'identifier un individu"¹⁴⁹. Sa définition doit être élargie en intégrant la notion de "contactabilité", c'est-à-dire "le fait que des données permettent ou non de contacter un individu, d'influencer son comportement ou de prendre une décision vis-à-vis de lui".¹⁵⁰

En France, la CNIL (*Commission nationale de l'informatique et des libertés*) estime que la technologie RFID peut comporter des données personnelles au sens où l'entend "la loi informatique et liberté de 1978"¹⁵¹. Philippe Lemoine, commissaire à la CNIL, identifie quatre pièges qui tendent à diminuer le risque que représente cette technologie en matière de protection des données personnelles et de la vie privée.

¹⁴⁷ [P]ar exemple, il est possible à une chaîne d'épicerie de donner aux clients des dispositifs marqués (comme par exemple des jetons) permettant de se servir de chariots, que les clients réutilisent à chaque fois qu'ils se rendent dans le magasin. Un tel mécanisme permettrait au commerce d'établir un fichier utilisant le numéro d'identification stocké dans le dispositif marqué lui permettant d'observer quels produits achète une personne (identifiée par le jeton), avec quelle fréquence ces produits sont utilisés et dans quels établissements de la chaîne d'épicerie le consommateur les achète. Le magasin pourrait déduire des hypothèses concernant les revenus, l'état de santé, le style de vie, les habitudes d'achat, etc. d'une personne. Cette information pourrait servir à différents processus de décision, comme la commercialisation, les objectifs voire la fixation dynamique des prix. In *Commission Européenne, Document de travail sur les questions de protection des données posées par la technologie RFID*, 19/01/ 2005

¹⁴⁸ [i]l est possible d'envisager le cas où le numéro d'un produit figurant sur le tag RFID est lié au fichier du client qui l'a acheté. Par exemple, un magasin de produits électroniques de consommation pourrait marquer ses produits avec des codes de produit uniques que le commerçant combine systématiquement avec les noms des clients relevés lors du paiement avec des cartes de crédit et ultérieurement liés avec la base de données clients du commerçant. Cette opération pourrait être réalisée, entre autres, à des fins de garantie." In *Commission Européenne, Document de travail sur les questions de protection des données posées par la technologie RFI*, op.cit, p.6.

¹⁴⁹ Hémond A, *RFID et Administration publique: Le citoyen sous surveillance ?*, Canadian Journal of law and Technology, p. 29

¹⁵⁰ Darquennes D & Poulet Y, Darquennes D & Poulet Y, op.cit., p. 273

¹⁵¹ Manach J-M, *La Cnil met les "étiquettes intelligentes" sur sa liste noire*, Transfert.net, 27/11/2003.

Le piège lié à l'« insignifiance des données » : quelle importance d'avoir le numéro de série d'une boîte de corn-flakes ? Mais le problème ce sont les volumes d'informations (des milliers d'objets suivis) que l'on peut, grâce à un maillage très dense, croiser dans des « ambiances intelligentes » ou analyser à travers des « scanners » (profiling radio de tous les tags d'une personne).

Le piège de la « priorité donnée aux objets » : s'agit-il vraiment de données personnelles ? Le fait que les applications relatives aux personnes (paiement, géo-localisation, etc.) aient un horizon plus éloigné répond à une logique économique : il n'y a que 6 milliards d'êtres humains contre 50 000 milliards d'objets. Mais ceci contribue à assoupir la vigilance.

Le piège d'une « logique de mondialisation » : les sponsors et les centres de recherche principaux sont aux Etats-Unis. C'est là-bas, hors de la tradition européenne « Informatique et Libertés », que se définissent les standards. Compte tenu des enjeux économiques colossaux de réorganisation des process opérationnels, les standards définis aux Etats-Unis s'étendront au monde entier.

Le piège de la « non-vigilance individuelle » : avec les RFIDs les données sont saisies à distance (sans « geste » particulier du porteur) et sans possibilité de stopper la communication (comme un GSM à l'état de veille). On est toujours activable. De surcroît, comme il n'y a pas de batterie, le rayonnement potentiel d'un RFID est illimité dans le temps.¹⁵²

¹⁵² Commission nationale de l'informatique et des libertés, Communication de M. Philippe Lemoine relative à la Radio-Identification (Radio-Tags ou RFIDs): IV: Les enjeux de la radio identification, p. 7, 30/10/2003

2. LES DROITS ET DEVOIRS QUANT À L'UTILISATION DE CERTAINES APPLICATIONS RFID

Comme le préconise la Commission européenne dans les réflexions du Groupe de l'article 29¹⁵³, il conviendra d'envisager au cas par cas si l'article 2a de la directive 1995/46/CE sera d'application.

Dans le cas où l'application RFID est assujettie à des règles sur la protection des données et plus particulièrement à la directive européenne, certains principes devront être respectés par les collecteurs de données. Ceux-ci devront s'assurer que :

- *Les données qu'ils traitent le sont loyalement et licitement (exigence de communiquer aux personnes concernées par l'utilisation de ces technologies (p.ex. le client d'une grande surface) une information claire et compréhensible) ;*
- *Les données sont collectées pour des finalités déterminées, explicites et légitimes et ne peuvent être traitées ultérieurement de manière incompatible avec ces finalités (respect du principe de la finalité) ;*
- *Les données sont adéquates, pertinentes et non excessives au regard des finalités pour lesquelles elles sont collectées et pour lesquelles elles sont traitées ultérieurement (respect du principe de la qualité des données) ;*
- *Les données sont exactes et, si nécessaires mises à jour ; toute mesure raisonnable doit être prise pour que les données inexactes ou incomplètes, au regard des finalités pour lesquelles elles sont collectées et pour lesquelles elles sont traitées ultérieurement, soient effacées ou rectifiées (respect du principe de la qualité des données) ;*
- *Les données sont conservées sous une forme permettant l'identification des personnes concernées pendant une durée n'excédant pas celle nécessaire à la réalisation des finalités pour lesquelles elles sont collectées et traitées (respect du principe de la conservation).¹⁵⁴*

¹⁵³ Commission Européenne, Document de travail sur les questions de protection des données posées par la technologie RFID, op.cit.

¹⁵⁴ Darquennes D & Poulet Y, RFID: Quelques réflexions introductives à un débat de société, op.cit,p.273

Dans la mesure où, malgré les précautions nécessaires, les informations échangées entre l'étiquette et le lecteur peuvent être interceptées et utilisées de façon malveillante, certaines infractions relevées lors de la Convention européenne sur la cybercriminalité du 23 novembre 2001¹⁵⁵ peuvent être d'application. En effet,

[...] tenant compte des articles 2 (accès illégal) et 3 (interception illégale) de la section 1 (droit pénal matériel), sont érigés en infraction pénale d'une part l'accès intentionnel et sans droit à tout ou partie d'un système informatique (dans la mesure où les radio-tags sont considérés comme un système informatique puisque permettant un traitement automatisé de données), ainsi que d'autre part l'interception intentionnelle et sans droit, effectuée par des moyens techniques, de données informatiques (dans la mesure où les données transmises par radio-tag sont des données informatiques).¹⁵⁶

3 EXEMPLES DE DÉRIVES D'APPLICATIONS RFID

Certains abus ont déjà été constatés par des organisations telles que CASPIAN¹⁵⁷ (*Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering*) ou Foebud¹⁵⁸. On peut citer, par exemple, le cas impliquant la chaîne anglaise de magasins *Tesco* et l'industriel *Gillette*¹⁵⁹ ou encore le groupe allemand *Metro*¹⁶⁰. *Tesco* et *Gillette* ont établi un projet pilote permettant de lutter contre le vol à l'étalage¹⁶¹. Le système consistait à déclencher secrètement une photo du client ayant saisi un article pucé sur un présentoir. Le groupe allemand *Metro* a, quant à lui, distribué plus de dix milles cartes de fidélité équipée de puces RFID à l'insu de sa clientèle. La lecture de la carte

¹⁵⁵

[http://www.cases.public.lu/fr/documentation/documents_de_reference/politique/cybercrime_convention_FR.pdf] (Visité le 02/05/2008)

¹⁵⁶ Darquennes D & Poulet Y, *RFID: Quelques réflexions introductives à un débat de société*, op.cit,p. 272

¹⁵⁷ Association Américaine fondée en 1999 par Katherine Albrecht. Cette association s'est notamment fait connaître par sa campagne poussant au boycott des produits Benetton muni d'une étiquette RFID cachée dans les vêtements. [<http://www.nocards.org/press/pressrelease03-12-03.shtml>] (Visité le 23/04/2008)

¹⁵⁸ Association Allemande fondée en 1987 par Rena Tangens. [<http://www.foebud.org/>] (Visité le 23/04/2008)

¹⁵⁹ Albrecht K,Mc Intyre L, *How Major Corporations and Government Plan to Track your Every Move with RFID*, *Spychips*, p. 43, Nelson Current, octobre 2005.

¹⁶⁰ Idem, p. 71

permettait d'identifier directement la personne et d'établir un profil de ses habitudes de consommation. L'expérience fut abandonnée suite à la pression exercée par les associations luttant pour le respect de la vie privée.

Ces cas isolés révèlent les risques potentiels d'intrusion dans la sphère privée, comme le souligne K.Albrecht : *Imaginez que lorsque vous entrez dans un magasin, un ordinateur établit un inventaire de tout ce que vous portez, jusqu'à la taille et la couleur de vos sous-vêtements [...] Les employés du magasin pourraient même lire le contenu de votre portefeuille...*¹⁶². Plusieurs associations réclament un encadrement législatif du RFID : *Notre démarche est réellement constructive [...] Nous ne sommes pas pour l'interdiction des étiquettes intelligentes, mais nous voulons être sûrs qu'elles ne serviront pas à surveiller le consommateur hors du magasin*¹⁶³. Accompagnées d'une trentaine d'autres organismes de défense des libertés individuelles¹⁶⁴, elles ont demandé un moratoire sur le déploiement de la technologie RFID.

Bien que le phénomène soit encore peu répandu, le cas de puces RFID sous-cutanées¹⁶⁵, commercialisées par la société Verichip¹⁶⁶, pose des problèmes d'ordre éthique. L'une d'elles¹⁶⁷ consiste à communiquer le numéro du dossier médical d'un patient par l'intermédiaire d'une puce RFID introduite dans le bras de la personne. Plus de nonante hôpitaux américains disposent du matériel adéquat pour la lecture de ces données. La société Verichip propose également une série d'applications RFID facilitant le suivi et l'identification des personnes, avec la possibilité de déclenchement automatique d'un dispositif vidéo.

¹⁶² Fievez C, *Les puces espions boycottées par des associations américaines*, 01Net, 15/09/2003

¹⁶³ TransfertNet, *Des solutions pour protéger la vie privée du consommateur face aux étiquettes intelligentes*, Transfertnet, 18/11/2003.

¹⁶⁴ RFID position statement of consumer Privacy and civil liberties organisation [<http://www.privacyrights.org/ar/RfidPosition.htm>] (Visité le 21/04/2008)

¹⁶⁵ L'administration Américaine s'est prononcée positivement sur l'incorporation des puces RFID en autorisant leur insertion sous la peau. in Departement of Health and Human Services; Foods and Drugs Administration; 21 CFR Part 880; Docket N° 2004N-0477; published in Federal Register/ Vol 69; N° 237/ 10/12/2004/ Rules and Regulation

¹⁶⁶ [<http://www.verichipcorp.com/index.html>] (Visité le 21/04/2008)

¹⁶⁷ [http://www.verimedinfo.com/patient_demo/index.html] (Visité le 21/04/2008)

Si ce type d'applications présente de nombreux avantages dans le cadre des soins de santé, les bénéfices sont nettement plus discutables dans d'autres domaines (par exemple dans le cas d'un accès donnant des droits privilégiés à des clients VIP d'une boîte de nuit de Barcelone¹⁶⁸).

L'insertion d'implants sous-cutanés RFId pose des questionnements d'ordre médical¹⁶⁹ mais aussi d'ordre éthique. A cet égard, le Groupe européen d'Éthique des Sciences et des Technologies a émis un avis¹⁷⁰ dans lequel il met en garde la Commission européenne, et rappelle que *[l]es principes et règles juridiques servent généralement de garde-fou aux dérives technologiques et à rappeler que tout ce qui est techniquement possible n'est pas nécessairement admissible sur le plan éthique, socialement acceptable, ni légalement approuvé.[...] 171*. Ayant conscience du développement de ce type d'applications et des possibles dérives qu'il peut entraîner, le groupe souligne que *[T]oute réglementation en la matière doit être fondée sur les principes de dignité humaine, de respect des droits de l'homme, d'équité et d'autonomie, ainsi que sur les principes dérivés de précaution, de minimisation des données, de spécification de la finalité, de proportionnalité et de pertinence [...] 172*

¹⁶⁸ Curnow R, *The price to pay for VIP status*, Cnn, 6/10/2004.

¹⁶⁹ Certaines expérimentations sur animal démontrent d'éventuelles possibilités de contracter le cancer suite à un implant RFID. In Lewan T, *Chip Implants Linked to Animal Tumors*, Washington Post, 09/08/2007

¹⁷⁰ Avis du Groupe européen d'Éthique des Sciences et des nouvelles technologies auprès de la Commission européenne, « *Aspects éthiques des implants TIC dans le corps humain* », 16 mars 2005

¹⁷¹ Avis du Groupe européen d'Éthique des Sciences et des nouvelles technologies auprès de la Commission européenne, op.cit., p. 33

¹⁷² Avis du Groupe européen d'Éthique des Sciences et des nouvelles technologies auprès de la Commission européenne, op.cit., p. 39

CHAPITRE IV

UTILISATION DE LA TECHNOLOGIE RFID DANS UN SYSTÈME EN CIRCUIT
OUVERT

1. DISTINCTION ENTRE UN CIRCUIT "OUVERT" ET UN CIRCUIT "FERMÉ"

La technologie RFID peut être déployée soit dans un système en circuit "fermé", soit dans un système en circuit "ouvert". L'investissement à consentir par l'entreprise dépendra du circuit choisi.

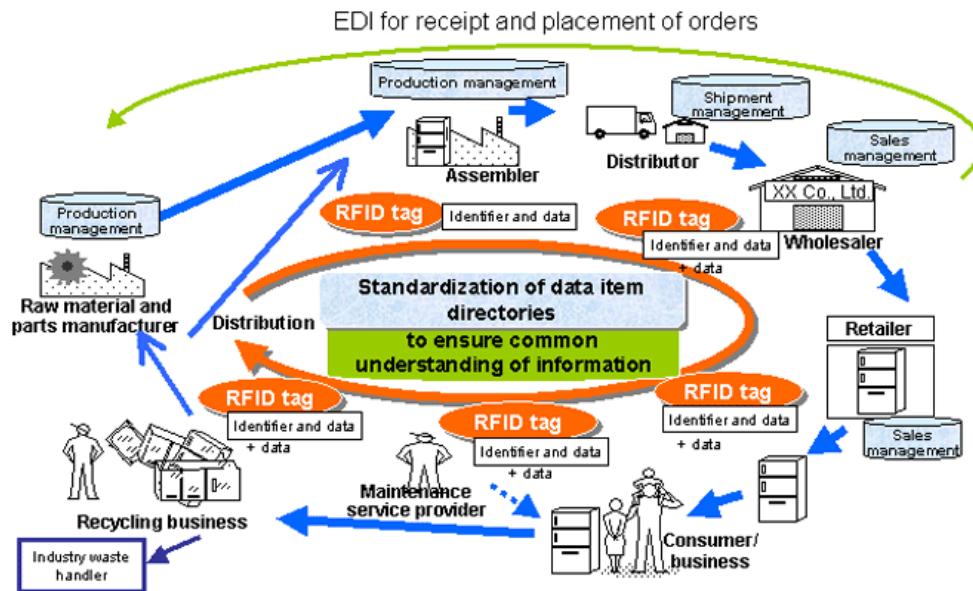


Figure 22 Cycle de vie d'un produit utilisant la RFID¹⁷³

Dans un système en circuit fermé, les informations et les services apportés par la RFID ne sont exploitables que dans une seule entreprise. Dans ce cas, l'emploi de la RFID est interne à l'entreprise et c'est elle qui en maîtrise complètement le processus d'utilisation (l'étiquette peut, par exemple, être récupérée à la fin du processus pour être réaffectée à un autre produit). Pour ce type de fonctionnement, on peut envisager un système RFID sur mesure, indépendant d'une norme ou d'un standard.

¹⁷³ [<http://www.ecom.jp/journal/2006e/electron/electron2.html>] (Visité le 05/05/2008)

Le modèle des coûts à consentir et le retour sur investissement qui en découle sont alors plus faciles à estimer.

A contrario, dans un système en circuit ouvert, les informations et les services apportés par la RFID sont exploitables pour différentes entreprises et ce, à différents stades du cycle de vie d'un produit. Prenons le cas de l'utilisation de la RFID dans la chaîne alimentaire, où il est nécessaire d'adopter à la fois le même type d'étiquettes RFID et une infrastructure logicielle commune.

Le bon fonctionnement de ce système implique donc une mise en place plus lourde pour permettre l'échange d'informations entre les différents intervenants. Idéalement, elle se repose sur un standard commun. Ce standard n'est pas nécessairement "ouvert" et peut être de type "propriétaire". Il est à noter que, dans le fonctionnement en circuit ouvert, le modèle des coûts et le retour sur investissement est beaucoup plus complexe¹⁷⁴ à calculer pour les différents intervenants. Ces derniers n'ont pas toujours les mêmes intérêts, quant à l'utilisation de cette technologie et ils ne disposent pas non plus des mêmes capacités d'investissement.

Comme nous l'avons signalé plus haut¹⁷⁵, si de nombreux projets sont en cours d'étude, d'autres sont déjà en phase d'exploitation dans différents domaines d'application. Beaucoup d'entre eux ont déjà démontré les plus-values que peut apporter l'utilisation de la technologie RFID. Cependant, la plupart de ces projets fonctionnent en circuit fermé. Le succès futur de la technologie RFID et l'ouverture à l'intelligence et la mobilité des objets, résident dans une généralisation massive de cette technologie et de son efficacité en circuit ouvert. L'étape future sera dès lors la mise en place du paradigme de l'Internet des objets, qui ne sera totalement exploitable que lorsque les objets communicants auront une vie à part entière, c'est-à-dire un historique permettant leur traçabilité tout au long de leur cycle de vie.

¹⁷⁴ Myerson JM, *RFID in the supply chain : A guide to selection and implementation*, pp.15-23, Auerbach publication, New-York, 2007.

¹⁷⁵ Partie II Chapitre II : Potentiel de la RFID : le marché, les secteurs et types d'applications p.75

Ce paradigme pourra être mis en place par le standard prôné par l'EPCglobal Inc. Pour arriver à imposer son standard, cet organisme peut compter sur l'ensemble des institutions et industriels avec lesquels elle collabore. La figure 23 montre que la majorité des partenaires sont d'origine anglo-saxonne, et d'horizons très divers : on y trouve aussi bien le Département de la Défense américaine que des multinationales œuvrant dans la grande distribution ou des industriels de la scène technologique. Nous reviendrons plus en détails¹⁷⁶ sur la légitimité de la gouvernance de ce consortium.

End-user companies and organizations		Technology vendor companies	
Best Buy Corporation	Kraft Foods	Accenture	Rafsec
Canon Inc.	Mitsui & Co., Ltd.	ACNielsen	SAP
Coca-Cola	Pepsi	Alien Technology	Sensitech
CVS	Pfizer	British Telecom	Sensormatic Electronics Corp.
Dai Nippon Printing	Philip Morris Group	IBM Biz Consulting Services	Siemens Dematic
Department of Defense	Procter and Gamble Company	Intel	STMicro
Ean International	Target Corp.	Ishida Co., Ltd.	Sun Microsystems
Eastman Kodak	The Gillette Company	Nihon Unisys Ltd.	Symbol Technologies
Home Depot	Toppan Printing	NTT	ThingMagic
International Paper	Uniform Code Council	NTT Comware	Toppan Forms
Johnson & Johnson	Unilever	Omron Corp.	Toray International, Inc.
Kellogg's Corp.	United States Postal Service	Philips Semiconductors	
Kimberly-Clark	UPS		
	Wal-Mart Stores, Inc.		

Figure 23 Partenaires initiaux d'EPCglobal Inc¹⁷⁷

Nous allons tâcher, au travers d'une étude de cas, de comprendre comment s'est organisé le déploiement de ce standard au sein de l'un des grands partenaires d'EPCglobal Inc., à savoir la chaîne de distribution Wal-Mart.

¹⁷⁶ Partie III Chapitre I : Analyse du standard EPC p.75

¹⁷⁷ Yamato, Ysahi, MIT Auto-ID Center *Advances the Standardization of RFID Tags*, 01/08/2003

2. ETUDE DE CAS : WAL-MART

2.1 Intérêt de l'étude

L'étude du déploiement de la RFID au sein de la chaîne de distribution américaine Wal-Mart est pertinente sur plusieurs points.

Comme le Département de la Défense américaine, Wal-Mart est l'un des pionniers qui ont investi énormément dans la technologie RFID et plus particulièrement dans le standard EPC. Le déploiement de la technologie RFID au sein de Wal-Mart est dès lors souvent montré en exemple dans la littérature. Par ailleurs la position de leader qu'occupe Wal-Mart et l'impact de ses décisions sur le déploiement de nouvelles technologies ont une influence majeure sur ses pairs. En effet, cette société fondée dans les années 60 par S. Walton, est la plus importante entreprise américaine de la grande distribution. Elle emploie 1,9 millions de salariés répartis dans 6100 supermarchés et hypermarchés. En 2007, son chiffre d'affaire s'élevait à 348,6 milliards de dollars.

En outre, le recours systématique aux nouvelles technologies opéré par Wal-Mart a, par le passé, permis de nombreuses avancées techniques. Dans les années 80, par exemple, elle a testé avec ses fournisseurs la technologie du code barres, en a démontré les bénéfices pour finalement imposer cette technologie au monde entier¹⁷⁸.

2.2 Origines du déploiement RFID au sein de Wal-Mart

Wal-Mart s'est intéressée à la technologie RFID à la fin des années 90, lorsqu'elle a connu des plans d'expansion internationale, et une refonte complète de sa stratégie concernant la logistique de la chaîne d'approvisionnement. Elle voyait dans cette technologie nouvelle une solution permettant la traçabilité et l'optimisation de la gestion des stocks. Il y a une dizaine d'années, en effet, les techniques traditionnelles

¹⁷⁸ Brenner A, Eidlin B, Candaele K, *Conference Rapport: Wal-Mart Store Inc*, p. 34, XX/02/ 2006.

ne permettaient pas de différencier automatiquement chaque produit contenu dans une palette. Ces différents produits devaient donc être contrôlés manuellement et individuellement, ce qui engendrait des erreurs et une perte de temps considérable. De plus, des études ont montré que dans 7% des cas, ces palettes n'étaient pas envoyées à bon port où ne contenaient pas les produits commandés par le destinataire. L'objectif principal de Wal-Mart était donc de limiter au maximum la rupture de stock dans les supermarchés. La technologie RFId semblait satisfaire cette exigence.

2.3 Plan du déploiement de la RFId

Le 11 juin 2003, Linda Dillman, directrice du service informatique chez Wal-Mart, a annoncé qu'en 2005, les cent plus importants partenaires commerciaux de la chaîne de magasins devraient fournir des palettes équipées d'étiquettes RFId répondant aux standards EPC (ce qui nécessitait plus d'un milliard d'étiquettes par an). Quelques mois plus tard, en novembre 2003, Wal-Mart expose ses objectifs à ses fournisseurs et décrit les spécifications des composants RFId.

2003	2004	2005	2006 et Au-delà
Juin : Annonce publique de l'utilisation de la technologie RFID et du standard EPC sur les caisses et palettes des fournisseurs.	Juin: Début de la phase de test et pilote dans le centre de distribution de Dallas/Fort Worth.	Janvier : Adoption de la technologie RFID aux 100 plus grands fournisseurs de Wal-Mart pour le centre de Dallas.	Déploiement de la technologie auprès des autres fournisseurs (300 dans un premier temps). Phase de test des étiquettes apposées directement sur les produits.
Novembre: Conférence pour clarifier les spécifications des étiquettes EPC.	Bilan avec les fournisseurs sur la première phase de test.	Février : Déploiement auprès des autres centres de distribution. Début d'un déploiement International.	

Tableau 13 Ligne du temps du plan de déploiement¹⁷⁹

Wal-Mart a commencé son projet pilote dans le centre de distribution de Dallas, au Texas (8 magasins), vers la fin de l'année 2003. Au début de cette phase expérimentale, Wal-Mart demandait que l'ensemble des palettes soit équipé d'étiquettes RFID après 2004. Cette exigence est tombée à 65% des palettes, suite aux problèmes de lecture dus au métal et/ou au liquide contenus dans certains produits. L'expérience a montré, en effet, que les informations n'étaient lues correctement que dans 75% des cas.

Cette phase pilote a permis aux chercheurs d'accélérer le développement de la deuxième génération d'étiquettes EPC et d'opter définitivement pour l'Ultra-Haute fréquence. Les tests entrepris ont été focalisés sur les palettes et les caisses, mais des expériences de marquage de produits isolés ont également été réalisées. Des sociétés comme Gillette et Hewlett Packard ont, par ailleurs, repensé l'emballage ou la conception de leurs produits pour éviter des perturbations de lecture coûteuses.

¹⁷⁹ Bhuptani M , Moradpour S, op.cit

2.4 Conséquences du déploiement de la RFID

Bien que des études¹⁸⁰ démontrent l'impact positif de l'utilisation de la technologie RFID, le pari d'imposer massivement et en peu de temps cette technologie encore coûteuse n'a pas encore été relevé. Wal-Mart n'a pas été en mesure de respecter son plan de déploiement et s'est vue dans l'obligation de revoir ses ambitions et son calendrier :

[l]a technologie RFID se serait montrée bien impuissante à juguler - voire réduire - la hausse constante des coûts d'exploitation du géant de Bentonville qui ont atteint en 2006 pas moins de 18,6% des ventes globales du distributeur, alors qu'ils étaient "seulement" de 17,9% en 2005.[...] Alors qu'il prévoyait d'équiper 12 de ses centres de distribution (sur les 130 existants), il devra se contenter cette année de seulement cinq. Du côté des magasins, le bilan n'est guère plus reluisant. Sur ses 4 068 points de vente, le géant de la distribution (350 milliards de dollars de chiffre d'affaires en 2006) prévoyait de couvrir 1 000 magasins. Objectif encore manqué - de peu, il est vrai - avec 975 magasins.¹⁸¹

Seuls 600 des 60.000 fournisseurs de Wal-Mart ont adopté cette technologie (contre 25.000 prévus initialement). Parmi ceux-ci se trouvent des sociétés impliquées dans l'EPCglobal Inc., comme l'entreprise Gillette, par exemple.

Si la majorité des fournisseurs sont réticents, c'est qu'ils ne saisissent pas toujours l'intérêt de cette technologie, dont l'impact bénéficiaire est difficile à mesurer. Wal-Mart souhaitait une implication totale de ses fournisseurs et comptait sur leur engouement pour réduire le coût des étiquettes¹⁸². Mais ses partenaires ont jugé l'investissement trop lourd. En effet, comme le souligne Christine Spivey Overby, analyste chez Forrester Research, *les fournisseurs doivent dépenser des montants*

¹⁸⁰ Article et PodCast : "Des tendances prometteuses pour les entreprises: Entrevue avec Bill Hardgrave" [<http://www.radiorfid.com/?p=10#more-10>] (Visité le 03/05/2008)

¹⁸¹ Filiponne D, *Le géant Wal-Mart se prend les pieds dans la RFID*, Journal du Net, 18/07/2007

¹⁸² Un prix qui s'élève à 10-15 centimes de dollars la pièce.

*considérables - jusqu'à 100 millions de dollars - pour réellement voir les bénéfices issus d'une intégration de la technologie RFId au sein de leur propre infrastructure.*¹⁸³

Ce constat oblige Wal-Mart à revoir sa stratégie, comme l'a évoqué Carolyn Walton, vice-présidente du département "Systèmes d'information", lors de la conférence annuelle d'EPCglobal :

*Les initiatives annoncées portent sur trois axes majeurs : la généralisation des étiquettes EPC Gen2 sur chaque palette de produits - et non plus les cartons qui les composent - et lecteurs RFId sur les monte-charge, le suivi spécifique en RFId - de l'entrepôt au magasin - des produits en promotion, et le classement RFId par catégorie de produits, testé actuellement sur les désodorisants.*¹⁸⁴

Montré en exemple pour le déploiement RFId dans le secteur de la chaîne d'approvisionnement, le projet de Wal-Mart, aussi ambitieux soit-il, n'a pas encore convaincu les futurs investisseurs d'avoir recours à cette technologie, comme le souligne Lora Cecere, de AMR Research: *Tant que [Wal-Mart] continue son expérimentation, je pense que le reste de l'industrie va attendre et regarder*¹⁸⁵. Cependant, les dirigeants de Wal-Mart se veulent rassurants et *n'ont pas encore perdu leur foi dans le potentiel apporté par cette technologie*¹⁸⁶, mais tablent sur une échéance plus longue (2 à 5 ans) pour persuader les fournisseurs d'adopter cette technologie et de la déployer dans l'ensemble de leurs centres.

¹⁸³ Deblock F, Wal-Mart : les tests RFId grandeur nature ont commencé, Journal du Net, 6/05/2004.

¹⁸⁴ Duval M, Cover story : Wal Mart's faltering RFId initiative, Baselinemag, 10/03/2007.

¹⁸⁵ Idem

¹⁸⁶ Olanié M, La RFID-un semi-échec chez Wal-Mart, Le monde Informatique.fr, 09/10/2007.

2.5 Synthèse de l'étude de cas

Cette étude de cas permet de comprendre pourquoi le déploiement de la technologie RFID semble difficile au sein de l'entreprise Wal-Mart.

Ce phénomène s'explique principalement par la réticence des fournisseurs à investir dans une technologie qu'ils jugent trop chère et pas assez fiable.

En effet, outre une réorganisation des systèmes d'information, le déploiement de la technologie RFID demande l'achat d'étiquettes qui ne sont pas toujours exemptes d'erreurs. Il est dès lors ardu de démontrer, à certains de ces fournisseurs, l'intérêt de cette technologie qui doit encore faire ses preuves dans le cas d'un circuit ouvert. Soulignons également, que l'investissement des fournisseurs est probablement relatif à l'importance du contrat qu'ils ont auprès de Wal-Mart, ou de leur implication au sein du standard EPC.

Enfin, la stratégie de management et de communication opérée au début par Wal-Mart pour imposer la technologie RFID ne s'est pas avérée concluante. La politique d'ultimatum pratiquée a contribué à freiner l'adhésion de certains fournisseurs à cette technologie.

PARTIE III

INTRODUCTION

La troisième partie de ce travail a pour objectif d'analyser les perspectives de la *Radio Frequency Identification*.

Dans le premier chapitre, nous tenterons d'analyser le standard EPCglobal Network. Celui-ci semble en effet être le plus apte à s'imposer au niveau mondial et à conférer à la RFID un rôle important dans le futur Internet des objets. De plus, en raison de la mise en réseau des informations qu'il suppose, ce standard laisse présager des enjeux de pouvoir conséquents. En effet, l'accès à ces informations dépendra de l'organisation privée EPCglobal Inc.

Nous tâcherons, dans le second chapitre, d'anticiper l'évolution de la *Radio Frequency Identification* en élaborant des scénarios prospectifs.

CHAPITRE I

ANALYSE DU STANDARD EPC

Le standard EPCglobal Network est basé sur un réseau d'échanges et sur des étiquettes "télé-alimentées", à savoir l'EPC Class 1 Gen-2 (UHF - 860Mhz-960Mhz)¹⁸⁷, dont nous avons parlé *supra*¹⁸⁸. Il a l'avantage d'être l'une des rares solutions "faites sur mesure" permettant le déploiement d'un système RFId en circuit ouvert. Il a été pensé, réfléchi et conçu par de grandes sociétés telles que Johnson et Johnson, Procter et Gamble, Gillette, etc... qui ont toutes tenu compte de leurs spécificités. L'implication de ces grands industriels a permis la médiatisation¹⁸⁹ et le déploiement du standard EPC à travers le monde, en l'imposant à leurs fournisseurs et aux sous-traitants des différents acteurs.

A travers ce chapitre nous allons essayer de synthétiser les avantages et inconvénients qui résultent de ce standard.

Nous allons tout d'abord évaluer ce standard sur le plan technologique, à cet égard nous nous pencherons sur les étiquettes EPC Class 1 Gen 2. Ensuite, nous essayerons d'évaluer les risques sécuritaires possibles lors de l'utilisation de ce standard. Enfin, nous essayerons de clarifier le mode de gestion d'EPCglobal Inc., ainsi que la gouvernance opérée par le réseau d'échange (EPCglobal Network). Pour terminer nous tâcherons d'évaluer les aspects économiques ainsi que les recommandations d'ordre éthique que préconise EPCglobal Inc. quant à l'utilisation de son standard.

¹⁸⁷ L'EPCglobal Inc. travaille sur d'autres fréquences et pourrait proposer à l'avenir des améliorations ainsi qu'une gamme plus large d'étiquettes.

¹⁸⁸ Partie I : Chapitre III. La normalisation et la standardisation des systèmes RFId p.46

¹⁸⁹ La médiatisation de ce standard est telle que dans certains ouvrages et livres blancs, le standard EPC se substitue à la technologie RFId.

1 ANALYSE TECHNOLOGIQUE

Après un bref rappel des caractéristiques des étiquettes RFID, nous tâcherons d'évaluer les avantages et inconvénients des étiquettes EPC Class 1 Gen 2, préconisées par le standard EPCglobal Inc.

1.1 Généralités concernant les étiquettes RFID

La majorité des étiquettes RFID (et donc celles préconisées par l'EPCglobal Inc.) présentent les avantages et inconvénients suivants :

Avantages¹⁹⁰

- L'étiquette ne nécessite pas de contact physique pour acquérir l'information, ce qui évite toute manutention de l'objet auquel elle fait référence. Cette opération peut se faire automatiquement c'est-à-dire sans intervention humaine (lorsque par exemple l'étiquette est suffisamment "proche" d'un lecteur) ;
- Le lecteur peut lire plusieurs étiquettes simultanément dans une courte période de temps ;
- Les données contenues dans l'étiquette peuvent être modifiées ;
- Le volume de l'information présent dans l'étiquette dépend du besoin initial ;
- L'étiquette dispose d'une durée de vie variable. Sa taille peut être réduite ;
- Les étiquettes peuvent communiquer à des distances variables.

Inconvénients¹⁹¹

- Les étiquettes seront sensibles à l'environnement qui les entourent (métal, eau) ;

¹⁹⁰ Sandip Lahiri, *RFID Sourcebook* : Chapter 2: Advantages of the technology", Prentice Hall, Massachusetts, USA, 2005 [CD-ROM]

¹⁹¹ Sandip Lahiri, *RFID Sourcebook* : Chapter 2: Limitations of the technology", op.cit.

- La sécurité à mettre en place pour l'accès aux données et l'échange d'informations avec le lecteur n'est pas tout à fait fiable pour certains types d'étiquettes ;
- Le prix d'achat des étiquettes, même pour les modèles les plus simples, est considéré par de nombreux industriels comme étant trop élevé.

1.2 Particularités de l'étiquette EPC Class 1 Gen 2

L'étiquette EPC Class 1 Gen 2 est l'évolution des précédents modèles élaborés par l'EPCglobal Inc. (Class 1 Gen 1 et Class 0). Ces étiquettes sont basées sur les spécifications préconisées par l'ISO (18000-6), les étiquettes EPC ont cependant été améliorées en prenant en compte les différents desiderata des acteurs du domaine de la chaîne d'approvisionnement (voir tableau 14) .

	Mémoire (bits)	Débit (Kbps)
EPC Class 1 Gen 2	96 (512)	640
EPC Class 1 Gen 1	96	140
ISO-18000-6 TypeA	64	33
ISO-18000-6 TypeB	64	40

Tableau 14 Améliorations de l'étiquette EPC Class 1 Gen 2 (Mémoire et Débit)¹⁹²

Ces étiquettes fonctionnent en Ultra-Haute Fréquence (860-960Mhz) et disposent théoriquement des caractéristiques¹⁹³ suivantes :

- Un mode de communication avec le lecteur est de type Half Duplex et le protocole utilisé est le Reader Talk First (RTF) ;
- Des débits s'élevant à 640 Kbps et le temps de lecture est inférieur à 20ms ;
- Une mémoire en écriture unique d'une capacité de 96 bits extensible (jusqu'à 512 bits) ;

¹⁹² ZoneIni, *The State of Radio Frequency Identification (RFID): New EPC Gen2 RFID Standard Emerges*, ZoneIni, 16/06/2007.

¹⁹³ EPCglobalInc, *Spécification for RFID Air Interface : EPC Radio Frequency Identity Protocols Class-1 Generation 2 UHF RFID Protocol for communication at 860-960 MHz*, Janvier 2005, EPCGlobalInc.

- Une durée de vie théoriquement illimitée due à l'utilisation de la "télé alimentation" ;
- Une gestion des sessions qui permet la communication avec 4 lecteurs en parallèle ;
- Une sécurité des échanges du lecteur vers l'étiquette par l'utilisation d'un masque (un nombre pseudo aléatoire codé sur 16 bits) généré pour "encrypter" certains échanges nécessitent un mot de passe (codé sur 32 bits) comme l'utilisation de la commande KILL (permettant de désactiver l'étiquette indéfiniment) ou la commande WRITE pour l'accès en écriture ;
- Des distances de lecture qui vont de 3 à 7 mètres¹⁹⁴.

1.3 Critique de l'étiquette EPC Class 1 Gen 2

L'étiquette EPC Class 1 Gen 2 connaît quelques imperfections techniques. Bien que des progrès aient été réalisés lors de la conception de l'étiquette EPC Class 1 Gen 2, de par l'utilisation de l'Ultra Haute Fréquence, il subsiste, comme le démontre le tableau 15, des limitations de pénétration dues à son utilisation dans un environnement hostile ainsi qu'une saturation possible des lecteurs (tableau 16).

	Taux de pénétration (Eau)	Taux de pénétration (Métal)
EPC Class 1 Gen 2	100 %	88 %
EPC Class 1 Gen 1	96 %	70 %

Tableau 15 Limitations de pénétration¹⁹⁵

	Saturation des lecteurs (en milieu favorable)
EPC Class 1 Gen 2	200 (étiquettes)
EPC Class 1 Gen 1	100 (étiquettes)

Tableau 16 Saturation des lecteurs¹⁹⁶

¹⁹⁴ La distance est fonction de la puissance d'émission du lecteur (3,28 W EIRP en Europe et 4 W EIRP aux Etats-Unis).

¹⁹⁵ Il convient de nuancer ces chiffres, car le taux de réussite dépend de différents facteurs comme l'emplacement de l'étiquette ou la nature du produit étiqueté. in: GS1France, *Laboratoire RFID EPC Global France, Etude 2006 : La RFID appliqué à la logistique : Résultats des test*, salut comment vas tu ?

21-36, XX/10/2006

¹⁹⁶ Idem.

Ces étiquettes ne permettent pas le traitement des informations. En outre, la conception de l'architecture de l'étiquette est jugée inutilement complexe. Ce problème est soulevé par T. Gyger, responsable de EM microélectronique : *Une puce conçue selon la spécification d'EPC (Class 1, génération 2) nécessitera environ 6 000 portes logiques. Si on peut se satisfaire d'une puce qui donne simplement un identifiant unique, il est possible de s'en tirer déjà à partir de 600 portes logiques, tout en profitant de performances très compétitives (puce EM4122 par exemple).*¹⁹⁷ Depuis l'été 2006, l'étiquette EPC Class 1 Gen 2 est certifiée ISO 18000-6 type 1 C. Sa normalisation lui assure une crédibilité auprès des industriels. Bien qu'il soit jugé encore trop lourd par certaines entreprises, le prix des étiquettes est en baisse croissante. Il devrait¹⁹⁸ décroître davantage avec l'augmentation de la demande. En outre, elles ne représentent qu'une partie de l'investissement à consentir. En effet, la mise en place de ces étiquettes entraîne le déploiement d'une infrastructure logicielle adéquate. Les étiquettes EPC Class 1 Gen2 présentent encore une série d'inconvénients et peuvent donc sembler encore à l'état d'étude. Le tableau 17 reprend les principaux avantages et inconvénients concernant l'étiquette EPC Class 1 Gen 2.

Distance de fonctionnement	Quelques mètres
Débit	Elevé
Prix	Moyen ¹⁹⁹
Capacité de traitement	Inexistant
Durée de vie	Grande
Réutilisation	Impossible (écriture unique)
Normalisation	ISO-18006-Type C

Tableau 17 Synthèse des avantages et des inconvénients des étiquettes EPC Class 1 Gen 2

¹⁹⁷ Gyger T, *RFId techniques enjeux et acteurs : Comment produire un milliard de puces RFId ?*, pp. 5-7, Veille Technologique n° 32, Septembre-Octobre 2005.

¹⁹⁸ Bien qu'actuellement [L]e prix unitaire réel du support de l'identifiant semble avoir heurté un plancher résistant autour de 0,12 euros. In Direction générale des entreprises, *Etude sur les étiquettes électroniques et la traçabilité des objets Panorama stratégique*, p.50, Direction Générale des Entreprises, 31/10/2007.

¹⁹⁹ Le prix est jugé encore trop élevé par les industriels (ils aspirent à un prix avoisinant 0,5 euros), dans le cas d'une utilisation par objet. Cependant, le prix généralement constaté pour l'étiquette (0,12 euros) est parmi le plus bas du marché.

2. ANALYSE SÉCURITAIRE²⁰⁰

Les menaces sécuritaires peuvent survenir à différents niveaux. Le premier niveau concerne l'accès aux données internes des étiquettes et des lecteurs, ainsi que l'échange d'informations entre ceux-ci (l'interface AIR). Le deuxième niveau concerne les serveurs (middleware) et base de données (EPICS) internes à l'entreprise. Dans le cas du standard EPC, les risques peuvent s'étendre à un troisième niveau. Celui-ci concerne l'échange et le partage d'informations avec les différents partenaires commerciaux.







Niveau 1			Niveau 2		Niveau 3
					
Étiquette	Interface AIR	Lecteur	Serveur (Middleware)	Base de données (EPICS)	ONS Internet

Tableau 18 Les différents niveaux sécuritaires du standard EPC

2.1 Identification des menaces de niveau 1²⁰¹

2.1.1 Menaces liées aux étiquettes²⁰²

La sécurité des étiquettes peut être compromise par l'usurpation d'identité. Comme l'expliquent les tableaux ci-dessous, les étiquettes peuvent par ailleurs être désactivées ou séparées de l'objet à identifier.

Usurpation d'identité			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
La menace consiste à émuler ou à cloner une étiquette en ayant dérobé l'identifiant de celle-ci.	Il en résulte une prolifération d'étiquettes identiques et donc une instabilité du système.	Sécuriser l'accès aux données.	Aucune mesure.

²⁰⁰ Ce point ne prétend pas à l'exhaustivité, nous nous limitons aux menaces les plus répandues.

²⁰¹ Rotter P, *A Framework for Assessing RFID System Security and Privacy Risks*, Pervasive computing, p. 70-77, avril 2008.

²⁰² Englert B, Parmar A, Byambajva D, *Evaluating and improving the security of RFID tags in shipping container*, pp. 21-24, Juillet 2007, California State University Long Beach

Désactivation de l'étiquette			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
La menace consiste à désactiver momentanément (commande LOCK) ou indéfiniment (commande KILL) l'étiquette.	Le système risque de ne pas prendre en compte l'existence de l'étiquette et donc de l'objet auquel elle est associée.	L'accès à ces commandes se fait via une authentification.	Mot de passe 32 bits pour activer la commande "KILL".

Le mot de passe des commandes sensibles est codé sur 32 bits. En cas d'erreur, l'étiquette ne prévoit pas de limite quant au nombre d'essais que peut effectuer le lecteur, une attaque de type "brute force" est dès lors possible. En outre, le standard suggère mais n'impose pas l'unicité du mot de passe pour la commande KILL. Il est possible que, pour des raisons de performance (pour éviter d'interroger une base de données), une entreprise décide d'utiliser le même mot de passe pour toutes ces étiquettes.

Séparation entre l'étiquette et l'objet identifié			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
La menace consiste à séparer l'étiquette de l'objet sur lequel elle est apposée.	Une incohérence (association douteuse objet-étiquette) et une instabilité du système.	La séparation entre l'étiquette et l'objet doit être difficile (entraîne l'endommagement de l'objet)	Aucune mesure.

2.1.2 Menaces liées à l'interface AIR

L'insécurité de l'interface AIR peut être expliquée par l'écoute des échanges entre le lecteur et l'étiquette, mais aussi par une perturbation volontaire de l'émission.

Ecoute de l'échange			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
La menace consiste à écouter les échanges d'informations entre le lecteur et l'étiquette.	La désactivation ou l'accès en écriture des étiquettes.	Sécurisation des échanges par encryption.	Un masque (nombre aléatoire codé sur 16 bits) est utilisé pour l'échange de certaines commandes (KILL, WRITE) entre le lecteur et l'étiquette.

Le cryptographe A. Shamir démontre²⁰³ qu'il est facile d'écouter les échanges en analysant les variations de puissance émises entre le lecteur et l'étiquette. De plus, le masque généré passe tout d'abord en "clair" entre le lecteur et l'étiquette.

Perturbation de l'émission			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
La menace consiste à perturber la fréquence d'émission en générant un bruit parasite.	Une perturbation des échanges entre les étiquettes et les lecteurs.	Localiser et détecter la présence ²⁰⁴ de bruit parasite.	Aucune mesure.

Blocage de la transmission			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
La menace consiste à bloquer la communication entre l'étiquette et le lecteur en utilisant une cage de Faraday ²⁰⁵ .	Risque de fraude ²⁰⁶ .		Aucune mesure.

2.1.3 Menaces propres au lecteur

Les menaces peuvent également concerner le lecteur, qu'il est possible de dupliquer pour en usurper l'identité.

Usurpation d'identité			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
L'attaque consiste à émuler un lecteur pour communiquer avec une étiquette et avec le middleware.	La possibilité de désactiver ou d'acquérir des informations provenant d'une étiquette. L'intrusion de mauvaises informations au sein du middleware de l'entreprise.	Authentification du lecteur.	Pas d'authentification nécessaire du lecteur lors d'une communication.

²⁰³ [<http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~yossio/rfid/>] (Visité le 10/05/2008)

²⁰⁴ Herwig N C, Anti-jamming detector for radio frequency identification systems, 4/10/2007 (REF **G08B13/14**)

²⁰⁵ Une cage de Faraday est une enceinte utilisée pour protéger des nuisances électriques et subsidiairement électromagnétiques extérieures ou inversement empêcher un appareillage de polluer son environnement. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cage_de_Faraday] (Visité le 10/05/2008)

²⁰⁶ Emballer simplement l'étiquette et l'objet dans un papier alu suffit à bloquer la communication avec le lecteur.

L'étiquette EPC Class 1 Gen 2 n'est pas capable d'identifier un lecteur en particulier, il est dès lors très simple d'en retirer le code EPC et de cloner l'étiquette.

2.2 Identification des menaces de niveau 2

Ce deuxième type de menaces consiste en attaques des serveurs et des bases de données.

Attaques relatives aux serveurs et aux bases de données			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
Différents types d'attaques possibles comme "SQL Injection" ²⁰⁷ , "Buffer overflow" ²⁰⁸ , etc.	Instabilité du système et incohérence des données par l'exécution de code tiers.	Contrôle les limites des bornes (buffer overflow), authentifier et limiter les accès.	Indépendant du standard.

Les menaces et les mesures à prendre dans ce cas-ci dépendent de l'architecture middleware mise en place et de l'offre logicielle utilisée.

2.3 Identification des menaces de niveau 3

Pour rappel, l'accès à l'information relative à un objet se fait en deux temps. Dans un premier temps, le serveur ONS faisant autorité (ONS Root) va être sollicité pour retourner l'adresse (résolution ONS) correspondant à la base de données de l'objet. Dans un second temps, une connexion est établie vers la base de données (serveur EPC-IS) précédemment identifiée.

²⁰⁷ Cette attaque consiste à insérer une commande SQL pour déstabiliser le système. Par exemple :
[SELECT * FROM users WHERE utilisateur =]{" OR 1=1;}[AND PASSWORD=]{"}

²⁰⁸ Cette attaque consiste à dépasser les limites de la mémoire tampon.

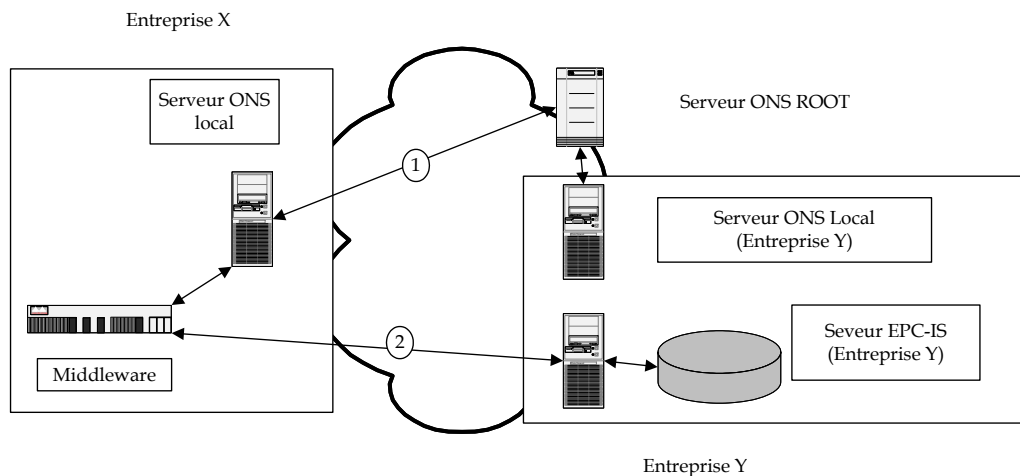


Figure 24 Architecture des accès EPC (simplifié)

Attaques relatives au serveur EPC-IS			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
Le serveur EPC-IS abrite des données sensibles. L'accès à celles-ci se fait via Internet, les menaces sont du même ordre que les sites Internet abritant des données sensibles (par exemple les sites bancaires).	Intrusion, instabilité du système, incohérence des données.	Authentification et contrôle des accès.	Le partage d'informations, se fait via authentification (Algorithme RSA, certificat X509) ²⁰⁹ .

²⁰⁹ EPCglobal Inc., *EPCglobal Certificate Profile*, p.4, EPCglobalInc,8/04/2006.

Attaques relatives a l'ONS ²¹⁰			
Explication	Risque	Mesure préventive	Standard EPC
L'ONS fonctionne de la même manière que le DNS, les menaces sont donc les mêmes ²¹¹ (dénis de service ²¹² , interception des paquets IP ²¹³ , écoute des échanges, etc.).	Instabilité du système, voire paralysie complète du réseau EPC.		La gestion et la sécurité du serveur Root sont délégués à un organisme privé (VeriSign).

2.5 Conclusions

Les mesures prises contre les attaques de premier niveau ne sont pas efficaces et leur développement nécessiterait un investissement financier plus important. Comme le résume le tableau 19, les risques présentés sont dommageables mais pas "vitaux" pour le bon fonctionnement de l'entreprise et du réseau EPC. En effet, aucune donnée sensible n'est accessible directement au sein de l'étiquette.

Une sécurité plus accrue est par contre indispensable aux niveaux supérieurs car les risques sont beaucoup plus lourds à ce niveau et peuvent paralyser l'entreprise. Pour le second niveau, les risques et la sécurité à mettre en place sont communs à toute infrastructure logicielle sérieuse en entreprise.

²¹⁰ Benjamin F, Spiekerman G & S, *Security Analysis of the Object Name Server Service*, Institut of information system, Humboldt-University of Berlin.

²¹¹ Atkins D, Austein R, *IETF/RFC 3833: Threat Analysis of the Domain Name System*, 01/08/2004.[

²¹² Une « attaque par déni de service » (en anglais « Denial of Service », abrégé en DoS) est un type d'attaque visant à rendre indisponible, pendant un temps indéterminé, les services ou ressources d'une organisation. On distingue habituellement deux types de dénis de service :

- Les dénis de service par saturation, consistant à submerger une machine de requêtes, afin qu'elle ne soit plus capable de répondre aux requêtes réelles.
- Les dénis de service par exploitation de vulnérabilités, consistant à exploiter une faille du système distant afin de le rendre inutilisable.[<http://www.commentcamarche.net/attaques/dos.php3>]
(Visité le 05/05/2008)

²¹³ Interception du paquet (requête ou réponse) et émission d'un autre paquet à sa place.
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System] (Visité le 05/05/2008)

Les risques exposés du troisième niveau sont extrêmement lourds puisqu'ils peuvent paralyser entièrement le réseau EPC. A cet égard, l'architecture EPC se repose sur des solutions standards qui ont déjà fait leurs preuves (en l'occurrence l'authentification par certification X509, qui a valeur juridique). La gestion de l'ONS-Root est déléguée à la société VeriSign, qui s'occupe déjà de la gestion du système DNS et qui dispose d'une grande expertise dans le domaine de la sécurité²¹⁴.

Le tableau 19, reprend les différents types d'attaques, le niveau auquel ils peuvent apparaître, le degré de gravité ainsi que l'efficacité des mesures prises par l'EPCglobal Inc.

Type d'attaques	Niveau	Degré de gravité des risques encourus	Efficacité des mesures EPC
Usurpation ID (étiquette)	1	Faible	Faible
Désactivation de l'étiquette	1	Moyen	Faible
Séparation de l'étiquette et de l'objet identifié	1	Moyen	
L'écoute de l'échange	1	Moyen	Faible
Perturbation de l'émission	1	Faible	
Usurpation ID (Lecteur)	1	Moyen	
Attaques relatives aux serveurs et aux bases de données	2	Haut	
Attaques relatives à l'ONS	3	Haut	Haut
Attaques relatives à l'EPC-IS	3	Haut	Haut

Tableau 19 Récapitulatif des menaces sécuritaires

²¹⁴ Cependant, les risques sécuritaires liés à ce type d'architecture existent. Citons en exemple les attaques par déni de service qui ont été opérées sur les serveurs racines DNS et qui ont failli paralyser le réseau Internet. In Thornton F, Haines B, Das A, Bhargava H, Campbell A, Leinschmidt J, *RFID Security: Chapter 7 Attacking the backend : Attack on the ONS*, pp. 163-164, SyngPress Publishing, Rockland, Canada, 2006.

3. ANALYSE DE LA GESTION D'EPCGLOBAL INC.

Comme nous l'avons vu plus haut, le réseau EPCglobal Network est dirigé par EPC global Inc. Cet organisme est privé, la gestion et la présidence de celle-ci, ainsi que le fonctionnement interne quant aux processus²¹⁵ d'adoption de ces différents brevets et standards, sont sous l'appréciation et l'influence de ses propres membres (estimé à un peu plus de 1000)²¹⁶. On compte parmi ses membres 49 % d'entreprises qui ont investi dans la conception du standard EPCglobal Network (CISCO, IBM, Microsoft, etc.) et 51% d'utilisateurs finaux (Wal-Mart, Coca Cola, DHL, etc.). La plupart de ceux-ci sont d'origine américaine (voir figure 25) et sont issus d'entreprises privées.

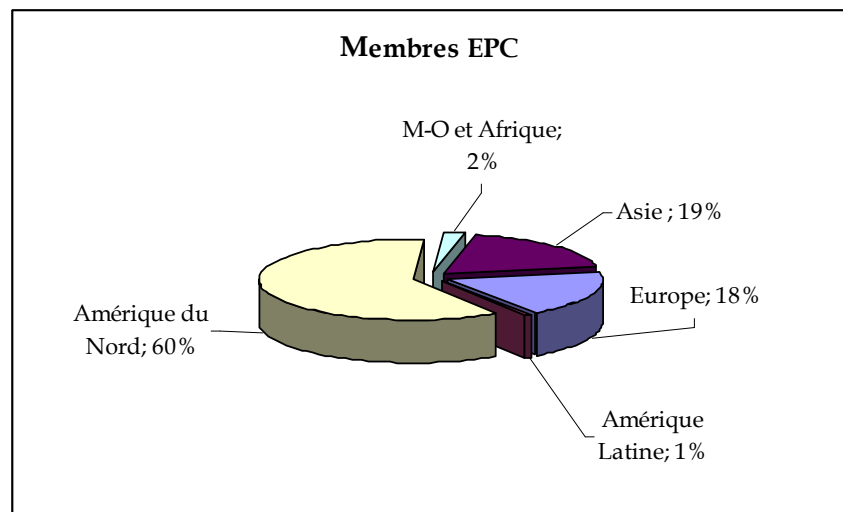


Figure 25 Membres EPCglobal Inc. (par pays)²¹⁷

Pour imposer son standard, EPCglobal Inc. peut compter sur l'influence de ses nombreux membres. Cependant cette adoption peut être freinée par l'opposition de certains états émergents comme la Chine.

On le sait, ce pays pourrait devenir un acteur économique important dans les 20 prochaines années. Son implication dans l'adoption mondiale²¹⁸ du standard d'EPC

²¹⁵ EPCglobal, *Standards Development Process*, Version 1.2, March 8, 2006

²¹⁶ Aguire JJ, *EPC Global: Universal Standard*, pp. 50-58, Master Thesis of Science in Engineering and Management, MIT-Sloan-School of Management, février 2007.

²¹⁷ Aguire JJ, *EPC Global: Universal Standard*, op.cit, p.52

global Inc. pourrait être déterminante. Conscient du fort potentiel de la RFID, la Chine a formé un groupe de travail afin d'établir un standard national en 2004. Elle dispose de son propre code permettant l'identification des objets (National Product Code). La réticence²¹⁹ de la Chine, par rapport à l'adoption du standard d'EPCglobal Inc., est généralement motivée par une gouvernance jugée douteuse du réseau d'échanges²²⁰, ainsi que les coûts à consentir notamment pour le respect des propriétés intellectuelles²²¹ ou la gestion du code EPC. Cependant, quelques facteurs peuvent renverser cette tendance. Tout d'abord, la procédure de standardisation nationale prend du temps, et le standard d'EPCglobal Inc. est déjà majoritairement utilisé et soutenu par de grandes compagnies mondiales²²². De plus, l'EPCglobal Inc. pratique une politique très engagée visant à populariser son standard en Chine, notamment par le biais du programme "EPCglobal Industry Support Program" (EISP)²²³, qui aide sur les plans financiers et technologiques l'implémentation du standard EPC au sein d'entreprises situées à Hong-Kong et dans le sud de la Chine.

Comme nous venons de le voir, certaines zones d'ombres subsistent sur le mode de gestion opéré par EPCglobal Inc. P. Gautier²²⁴ propose quelques pistes à envisager pour résoudre cette question épineuse :

- *L'ouverture de GS1 à d'autres acteurs de la vie économique et citoyenne (GS1 dispose en effet d'une crédibilité en matière de représentativité basée sur son expérience) ;*
- *L'indépendance d'EPCglobal vis-à-vis de GS1 (et de tout autre organisme) et donc un changement dans sa direction (actuellement 50% GS1 US et 50% GS1 global) ;*

²¹⁸ Pour exemple, le rôle de la Chine, quant à l'adoption d'un standard pour téléphone mobile entre le GSM (soutenu par l'Europe), et le CSMA (soutenu par les Etats-Unis), s'est avéré capital.

²¹⁹ Cette réticence peut être généralisée à toute adoption, pour exemple sur les 17,910 standards préconisés par l'ISO, la Chine n'en a adopté qu'officiellement 6,384 .in Standardisation Administration of China, *Adoption of International Standard* [<http://www.sac.gov.cn/english/adopt/index.asp>] (Visité le 10/05/2008)

²²⁰ Aguire JJ, *EPC Global: Universal Standard*, op.cit, pp.65-67

²²¹ La fabrication d'étiquettes respectant le modèle EPCGen 2 entraîne par étiquette un versement à la firme Intermec qui détient quelques brevets portant sur la conception.

²²² Pour exemple, 70 % des produits vendus chez Wal-Mart sont importés de Chine.in Aguire JJ, op.cit., p.70

²²³ Aguire JJ, *EPC Global: Universal Standard*, op.cit.

²²⁴ P Gautier est le directeur des systèmes d'information chez Benedicta (deuxième producteur de sauce froide en France).

- Le transfert des standards EPCglobal à des organismes tiers disposant d'une gouvernance plus généraliste.²²⁵

4. ANALYSE DE LA GOUVERNANCE DU RÉSEAU D'ÉCHANGES EPCGLOBAL NETWORK

Certains des membres d'EPCglobal Inc. sont au devant de la scène de l'Internet. Citons notamment le Département de la Défense américaine, IBM, ou encore la société privée VeriSign²²⁶ qui chapeaute à la fois la gestion du DNS et celle de l'ONS.

Pour rappel, l'accès aux informations d'un objet s'effectue via le service ONS (*Object Name Service*), qui fonctionne comme le DNS pour la résolution des requêtes Internet. A partir de l'*Electronic Product Code* de l'objet, il permet d'obtenir l'adresse (le nom de domaine) du serveur EPC-IS où se trouve la base de données liée à l'objet.

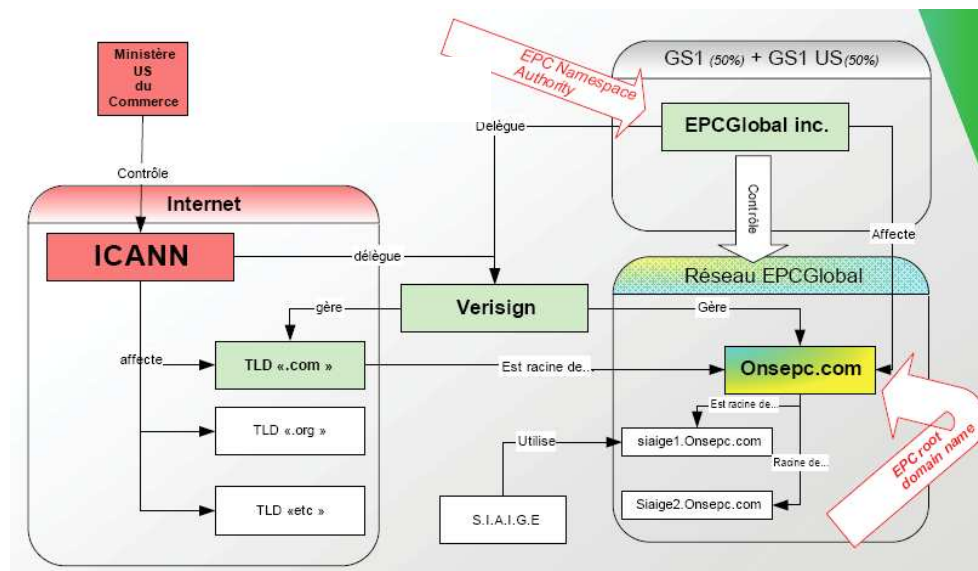


Figure 26 Relation stratégique entre DNS et ONS²²⁷

²²⁵ SIAGE, Gouvernance de l'Internet des Objets, 29/11/2007 (Visité le 10/05/2008)

²²⁶ VeriSign est une entreprise américaine (Virginie) qui fournit des services d'infrastructure pour les réseaux de télécommunications, notamment Internet. Elle gère plus particulièrement les bases de données qui déterminent l'interprétation des adresses Internet des domaines ".com" et ".net". Elle a fait scandale en 2003, avec l'affaire "SiteFinder", parce qu'elle avait redirigé toutes les adresses URL erronées (adresses e-mail comprises) vers son site. Etant donné le nombre d'erreurs quotidiennes, les bénéfices que pouvait rapporter cette redirection étaient colossaux. Sous la pression de l'autorité de régulation de l'Internet (Icann, Internet Corporation for Assigned Names and Numbers), ce dispositif a été suspendu le 3 octobre 2003 sans que VeriSign n'en remette en cause le bien-fondé. Source: [\[http://fr.wikipedia.org/wiki/VeriSign\]](http://fr.wikipedia.org/wiki/VeriSign)

²²⁷ Gautier P, ONS, La souveraineté en question [<http://blog.siaige.com/>] (Visité le 05/05/2008)

La racine ONS gérée par la société VeriSign fait office de référentiel commun et permet à la fois d'interconnecter des entités en toute sécurité, sur base de certificats électroniques.

Il ne faut pas perdre de vue que cette structure, dans le cas où le standard s'imposerait, abriterait des flux d'informations mondiaux de nature économique importante. En effet, *[l]e rôle stratégique de ce référentiel et son importance dans le système font que son contrôle doit être le plus démocratique et le plus multilatéral possible. La structure chargée de l'opérer doit donc être fiable et empreinte de neutralité.*²²⁸

Il convient de préciser qu'un deuxième serveur racine sera bientôt opérationnel en Europe, sous l'impulsion des dirigeants européens de *GS1 Europe* (maison mère d'EPCglobal Inc.) et, en particulier, de *GS1 France* qui est bien consciente de l'importance conférée à la société privée américaine VeriSign :

*[il] vient en effet d'être décidé de créer des "racines" régionales et la racine régionale européenne sera en France et ouverte dès le 3 décembre (2008) prochain. Ça nous rapporte quoi ? Les informations relatives aux objets seront consultables localement en Europe, sans qu'il soit nécessaire de les transférer dans un annuaire basé aux Etats-Unis. L'Europe pourrait ainsi être le 1^{er} continent à accorder à ses citoyens le droit à la discrétion, le droit de désactiver les puces RFID, ce qu'on appelle joliment : un droit au "silence des puces".*²²⁹

Cette initiative permettra à l'Europe de maintenir une certaine indépendance par rapport aux Etats-Unis. La France, qui a été choisie pour mettre en place ce deuxième serveur racine (avec *Orange Business Service*), jouera un rôle important dans la clarification des malentendus concernant la gouvernance de ce réseau.

²²⁸ Fléchaux R, *Entretien avec Philippe Gautier de Benedicta*, Le monde Informatique, 25/01/2006.

²²⁹ Chronique de Jacques Attali : [<http://www.europe1.fr/informations/chronique-t2.jsp?idboitier=767123#>] (Visité le 05/05/2008)

5. ANALYSE ÉCONOMIQUE

Le réseau d'échanges EPCglobal Network repose sur l'attribution d'un code (l'*Electronic Product Code*) à des objets et sur la gestion de ceux-ci. Le code permet d'identifier ces objets via une base de données (un serveur "EPC-IS") accessible par le biais d'Internet. Le recours à Internet permet de profiter d'une infrastructure existante efficace, n'impliquant qu'un surcoût dérisoire.

Le standard EPC est initialement prévu pour fonctionner dans le domaine de la logistique, mais il pourrait à l'avenir être utilisé dans bien d'autres domaines, avec des finalités différentes²³⁰, grâce au paradigme de l'Internet des objets qu'il sous-tend.

Bien que largement recommandé par la Commission Européenne, le standard d'EPCglobal Inc n'est pas un standard libre, mais est doté d'innombrables brevets²³¹. A cet effet, la notion d'Internet des Objets nécessite la possible prise en compte de solutions alternatives, le standard EPC est un standard de facto en devenir, ainsi certaines zones d'ombres subsistent notamment quant à la compatibilité avec un codage autre que le code EPC.

En outre, le mode de fonctionnement du système de codage EPC et la dépendance qu'il entraîne confèrent un pouvoir monopolistique inquiétant à l'organisme EPC global Inc. et à sa maison mère GS1. Par ailleurs, *même si l'espace de nommage EPC permet la prise en compte de codification externe à GS1, le modèle actuel de souscription ne permet pas d'ouvrir facilement le réseau à certaines catégories d'acteurs (PME, citoyens, pouvoirs publics, etc.). Le réseau EPC ne deviendra donc l'Internet des Objets que s'il sait s'adapter facilement à tous les utilisateurs, les plus gros comme les plus petits.*²³² De ce fait,

²³⁰ A cet égard, nous pouvons citer l'exemple de la société d'édition Gallimard Jeunesse qui a commercialisé des livres contenant une étiquette RFId. Ceux-ci sont lus par un jouet sous la forme d'un lapin (portant le nom de Nabaztag commercialisé par violet) qui télécharge sur Internet (en Wifi) un fichier audio identifié par l'étiquette RFId.

[<http://www.nabaztag.com/fr/m-3-nabaztag-que-sait-il-faire.html>] (Visité le 05/05/2008)

²³¹ Letellier F, op.cit, p. 39

²³² SIAGE, *Gouvernance de l'Internet des Objets*", op.cit.

[<http://blog.siaige.com/post/2007/11/29/Gouvernance-de-linternet-des-Objets-ONS-Europeen-et-Chronique-de-Jacques-Attali>]

l'adoption de ce standard ne pourra s'effectuer sans l'aval de puissances économiques émergentes telles que la Chine ou l'Inde.

Comme le montre l'étude de cas Wal-Mart, le principal frein réside dans l'investissement à consentir. En effet, l'attribution d'identifiants par EPCglobal Inc., leur gestion ainsi que les divers services proposés sont payants.

A cet égard, l'EPCglobal Inc. prévoit trois types de clients à qui EPCglobal Inc. demande un droit d'entrée ou une cotisation annuelle:

- Les utilisateurs finaux ;
- Les fournisseurs de solutions ;
- Les agences gouvernementales, associations et instances académiques.

Comme le montre le tableau ci-dessous, le montant de la cotisation annuelle et du droit d'entrée sont proportionnels à l'importance du chiffre d'affaires de l'entreprise.

Chiffre d'affaires (€)	Droit entrée (€)	Cotisation annuelle (€)		
		Utilisateurs Finaux	Fournisseurs de solutions	Académiques Associations Agences gouvernementales
< 80 000	400	80	1000	240
80 000 - 400 000	750	150	1000	240
400 000 - 800 000	1100	220	1000	240
800 000 - 4 000 000	1600	320	2500	240
4 000 000 - 8 000 000	2700	540	5000 -10000	240
8 000 000 - 80 000 000	5500	1100	10000 - 50000	240
80 000 000 - 200 000 000	9800	1960	50000	240
...
> 32 000 000 000	109300	21860	60000	240

Tableau 20 Cotisation EPCglobal Inc (GS1 Belgique Luxembourg)²³³

²³³ Ces tarifs comprennent, dans le cas des utilisateurs finaux, un numéro de gestion (EPC), d'autres numéros peuvent être achetés, in GS1Benelux, *EPC Global Cotisation*, GS1, XX/07/2007.

6. ANALYSE DU CODE DE BONNE CONDUITE PRÉCONISÉ PAR EPCGLOBAL INC.

En septembre 2005, EPCglobal Inc. a émis un code de bonne conduite²³⁴ pour l'ensemble de ses membres. Elle recommande aux collecteurs de données :

- d'apposer un "logo" ou une note permettant d'informer la présence d'étiquette RFId;
- de laisser le libre choix aux consommateurs quant à la désactivation de l'étiquette RFId;
- de permettre aux consommateurs d'acquérir facilement de plus amples informations concernant la technologie mise en place;
- de veiller aux respects des lois existantes sur la protection de la vie privée.

Ce code n'a pas force de loi et, bien qu'il ait été accepté par l'ensemble des membres d'EPCglobal Inc, aucune mesure n'a été prise pour parer au non respect de ces différents points. Ce code ne vise donc qu'à rassurer certains organismes et associations de défense des libertés individuelles quant aux finalités poursuivies par l'EPCglobal Inc.

²³⁴ EPCglobal, *Guideline EPC for Consumer Produc*, EPCglobalInc, XX/09/2005.

7. CONCLUSIONS

Le standard EPC semble avoir toutes ses chances pour s'imposer véritablement au niveau mondial, compte tenu de l'influence (financière, commerciale, etc.) et du dynamisme de l'EPCglobal Inc. et de ses partenaires. L'étude de cas Wal-Mart démontre la détermination "agressive" de ces derniers.

L'organisation de ce standard, basée sur l'Internet, lui permettra des évolutions futures et une multitude d'applications qui iront bien au-delà de la chaîne d'approvisionnement. Avant d'atteindre le stade de standard de facto, il devra s'imposer économiquement et politiquement. Sur le plan économique, on constate que le standard est encore en cours d'élaboration et que ses concepteurs peinent à démontrer les bénéfices réels d'un tel déploiement.

CHAPITRE II

PERSPECTIVES DE LA TECHNOLOGIE RFID

Dans ce chapitre, nous allons essayer de dégager les tendances futures de la technologie RFID. Pour ce faire, nous allons élaborer quelques scénarios prospectifs.

*Un scénario nous raconte de petites histoires sur des futurs possibles qui essaient de combiner la créativité, et l'intuition pour lancer les bases pour la prise de décisions*²³⁵

Pour l'élaboration de ces scénarios, nous nous sommes inspirés²³⁶ de la méthodologie de P. Schwartz²³⁷ et de l'article de L. Wilkinson²³⁸. L'élaboration de ces scénarios va permettre de dégager les grands axes de tension sur lesquels repose le futur de la technologie RFID.

A partir de notre idée centrale qui est d'envisager les perspectives de la technologie RFID, nous allons tâcher d'identifier les variables²³⁹ qui ont un impact actuel sur le développement de la RFID et qui influenceront probablement les perspectives de cette technologie. Ensuite nous tenterons de définir les zones d'incertitudes qui permettront de constituer les axes de tension.

²³⁵ Afirse Sousa JM, *Les scénarios: Un sens projectif pour l'organisation de l'enseignement*, Université de Madère, IX Colloque International.

²³⁶ La méthodologie préconisée par P. Schwartz s'applique à une démarche décisionnelle. Vu le cadre exploratoire de ce mémoire, nous avons omis certaines étapes.

²³⁷ Schwartz P, *La planification stratégique par scénarios*, in *Futuribles*, n° 176, mai 1993- P Schwartz, "The art of long view", DoubleDay/Currency, New-York.

²³⁸ Wilkinson L, *How to build scenarios*, Global Business Network, septembre 1995.

²³⁹ Nous ne prétendons pas à l'exhaustivité, quant au nombre de variables identifiées, l'objectif étant de donner une idée des perspectives de la RFID.

1. IDENTIFICATION DES VARIABLES

L'avenir de la technologie RFId dépend de plusieurs aspects qui sont à la fois d'ordre, technologique, économique, politique et sociétal. Nous allons tâcher d'identifier certaines variables qui auront un impact sur le futur de la technologie RFId.

1.1 Aspect technologique

D'un point de vue strictement technique, la technologie RFId n'est pas récente, puisque les premiers travaux la concernant remontent à 1937²⁴⁰. Bien que cette technologie se soit progressivement affinée et compliquée, le concept inhérent à cette technologie, à savoir l'émission d'informations sans contact physique, a peu évolué. Par contre, l'intérêt et les bénéfices qu'apporte cette technologie ne sont visibles que depuis quelques années. L'étiquette RFId fait appel à plusieurs composants (processeur, mémoire, antenne, capteur, etc.), entraînant une dépendance technologique à ces composants. De ce fait, l'étiquette est en quelque sorte en constante évolution. Les travaux de normalisation et de standardisation des différents organismes (ISO, EPCglobal Inc.) confèrent à la technologie une crédibilité et une maturité assurant les initiatives de déploiement.

Nous l'avons vu, d'autres technologies concurrentes sont en mesure de pallier les difficultés d'ordre économique et technique (fréquence d'émission, sécurisation des données). Pour ce qui est des étiquettes télé-alimentées, des technologies alternatives comme Rubee peuvent, dans un futur proche, séduire une partie des industriels. Plus humblement, la technologie du code barres est peu coûteuse et déjà bien ancrée dans l'industrie, bien que cette technologie ne réponde plus à une évolution future permettant par exemple la communication des objets. Celle-ci peut freiner l'adoption des étiquettes RFId mais peut également être utilisée en parallèle. Des étiquettes utilisant des technologies autres (comme Wifi, Zigbee) pourront concurrencer les étiquettes ayant leur propre source d'énergie, en profitant de l'infrastructure réseau très répandue et peu coûteuse.

²⁴⁰ Partie I Chapitre 1 : L'identification automatique p. 18.

1.2 Aspect économique

La RFID est présente dans de nombreux domaines et concerne un vaste champ d'applications en progression constante. De plus, son rôle particulier au sein du paradigme de l'Internet des objets lui laisse entrevoir un avenir prometteur. Comme nous l'avons vu, beaucoup d'études démontrent son impact bénéfique dans différents domaines. Cependant, les investisseurs sont refroidis par la difficulté à calculer le modèle de coût de la RFID, dans certaines applications (principalement en circuit ouvert), ainsi que le flou concernant le prix réel d'une étiquette et sa mise en place. Comme nous l'avons constaté, de grands projets de déploiement ont été initiés par des acteurs mondialement influents. Ces initiatives impliquent inévitablement une réaction en chaîne quant à l'utilisation de cette technologie.

1.3 Aspect politique

La figure 27 montre que l'intérêt pour cette technologie a atteint son point culminant à l'aube du nouveau millénaire. Il coïncide avec l'engouement pour les télécommunications et l'Internet.

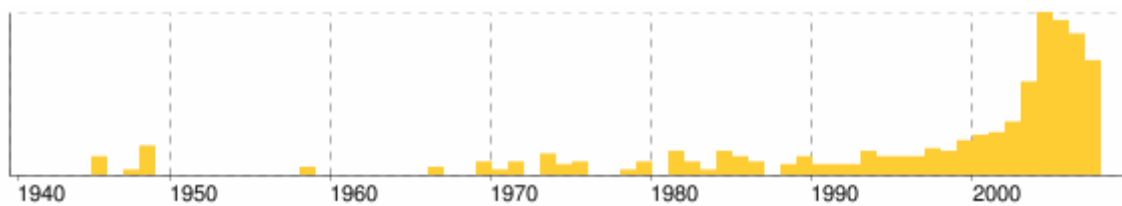


Figure 27 Ligne du temps des articles consacrés à la technologie RFID

Nous l'avons déjà souligné²⁴¹, le développement initial du marché RFID répondait à une demande de traçabilité des biens. On peut raisonnablement penser que cette demande a été motivée²⁴² par la crise que la filière bovine a connue à la fin du vingtième siècle et par celle des produits de santé.

²⁴¹ Partie I Chapitre 1 : L'identification automatique p. 15.

²⁴² Lemarteleur X, *Traçabilité contre vie privée : Les RFIDs*, DESS Droit du multimédia et de l'informatique, Université Paris 2- Panthéon-Assas, Octobre 2004, p. 5.

M. Alberganti constate que l'essor de la RFID a eu lieu dans un contexte géopolitique de "mondialisation" et d'insécurité, engendré par d'éventuelles menaces terroristes pesant sur l'Occident. Le président américain George W. Bush a rétabli, en quelque sorte, une bipolarité²⁴³ dans ce climat d'insécurité permanente en désignant l'axe du Mal, peu après les attentats du 11 septembre 2001. Et comme le souligne Alberganti, *[c]'est dans ce contexte particulier que des nouvelles technologies font leur apparition. Les puces radio promettent de parachever le dispositif de surveillance des faits et gestes de la population d'une façon bien plus raffinée et efficace que les systèmes actuels.* ²⁴⁴

L'utilisation d'un standard commun s'avère crucial dans le cas d'un déploiement massif de la technologie RFID. Ainsi, la volonté d'indépendance de pays émergents dans les processus de normalisation et de standardisation²⁴⁵, pourrait avoir des conséquences non négligeables sur les perspectives d'utilisation de la RFID.

1.4 Aspect sociétal

Les dérives constatées par des associations de défense des consommateurs, ainsi que l'éventuelle "traçabilité" voire "identification" des personnes, confèrent une image négative à la technologie RFID auprès du grand public. Cette vision des faits explique et justifie ce sentiment, assez répandu, dépeignant une future société sous le prisme "orwellien" dont la technologie RFID serait le point d'entrée. A cet égard, les travaux de la Commission européenne²⁴⁶ pourront peut-être clarifier les rôles et responsabilités des différents utilisateurs de la RFID.

²⁴³ Cette surprenante harmonie planétaire ne souffre paradoxalement que d'un seul mal, celui de l'absence d'équilibre entre au moins deux tendances [...] in Alberganti Michel, " Sous l'œil des puces: Le RFID et la démocratie", p. 40, Acte Sud, Arles, France, 2007

²⁴⁴ Alberganti Michel, op.cit., pp.42-43

²⁴⁵ Rousseau M, **Standard RFID en Chine : on ne joue plus " Lève-toi, Tag rouge !** (Visité le 05/05/2008)

²⁴⁶ Cependant, ne nous faisons pas trop d'illusions quant à l'impact réel de telle décision. En effet, il n'y aura probablement pas trop de difficultés au "collecteur de données" à trouver le moyen légal et avec consentement de disposer des différentes informations personnelles des sujets.

2. FACTORISATION DES VARIABLES IDENTIFIÉES

Comme nous le montre le tableau 21, certaines variables ont un impact à différents niveaux et ont un rôle plus lourd que d'autres dans l'avenir de la technologie RFId.

Variables	Technologique	Economique	Sociétal	Politique
Concurrence	V	V		
Maturité technologique	V			
Evolution technologique	V			
Bénéfice apporté		V		
Investissement à consentir		V		
Grands projets de déploiement		V		
Intérêt pour la technologie		V	V	V
Respect de la législation sur la vie privé			V	
Considération des consommateurs			V	
Considération des pays émergents				V
Importance d'un standard commun	V	V		V

Tableau 21 Classement des variables identifiées

Nous allons essayer de regrouper quelques-unes des variables en formulant quelques hypothèses.

Le contexte politique actuel préconise l'utilisation d'outils permettant la traçabilité des biens et des personnes et favorise donc l'intérêt pour la RFId. Nous estimons que cet intérêt persistera pendant plusieurs années. Etant donné l'abondance des projets actuellement en cours sur la technologie RFId, nous estimons que la concurrence ne devrait pas inquiéter l'émergence de la RFId. A nos yeux, ces variables n'auront pas d'impact sur les perspectives de la RFId.

Les perspectives de la RFId dépendent selon nous de quelques variables que nous estimons incertaines. Nous pensons, que la réussite de grands projets de déploiement (initiés dans le domaine de la chaîne d'approvisionnement) dépend à la fois des bénéfices qu'apporte la technologie RFId, de l'investissement à consentir pour celle-ci et de l'utilisation d'un standard commun. Ce standard doit être reconnu mondialement et donc prendre en compte les grandes puissances émergentes comme la Chine. De ce fait, nous considérons que l'issue de ces grands projets de

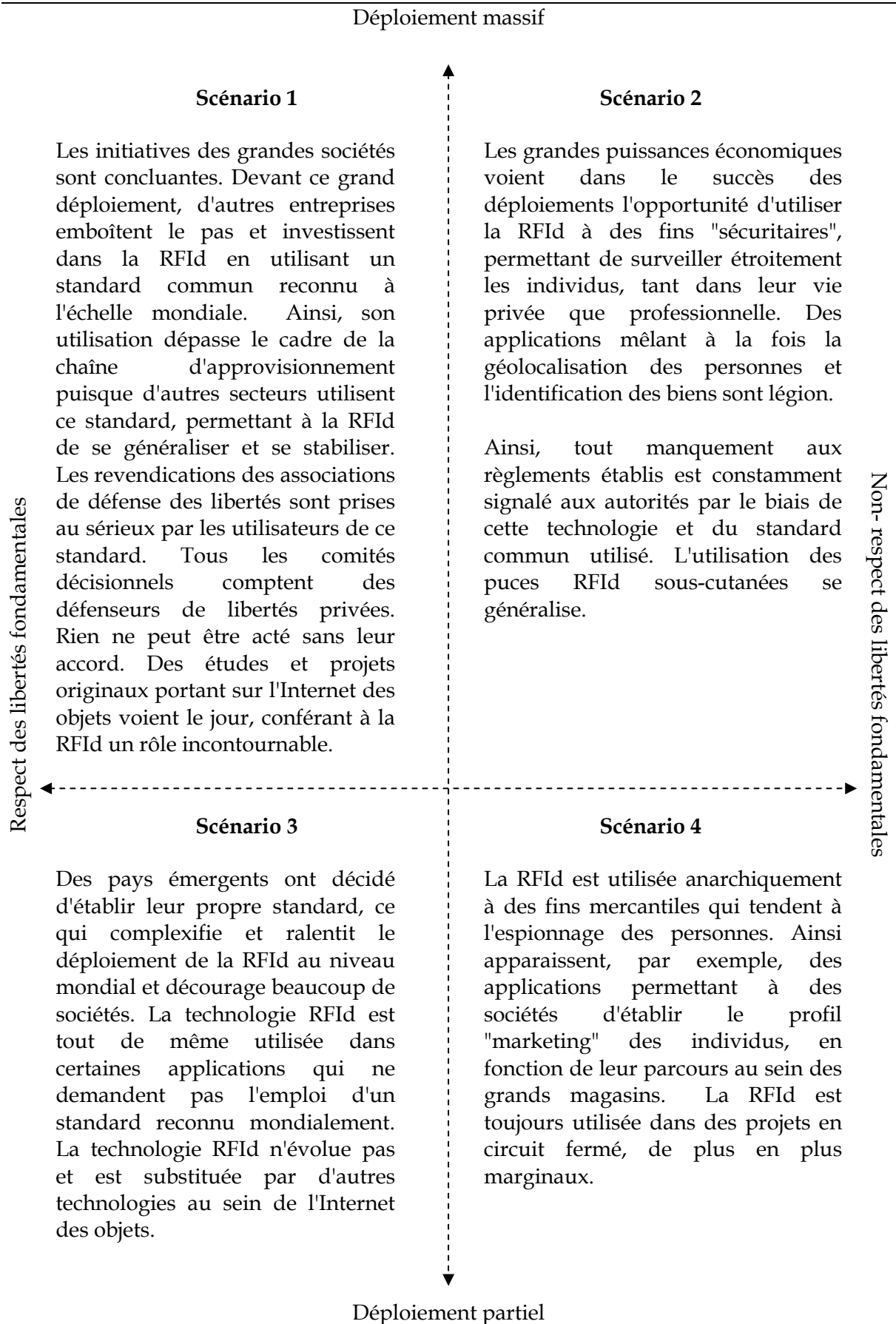
déploiement (qui demandent la réussite d'un système en circuit ouvert et qui s'appuie sur le standard de facto EPC) est une donnée lourde quant aux perspectives de la RFId.

Enfin, la prise en compte des consommateurs est étroitement liée au respect de la législation sur la vie privée. Nous estimons que les initiatives des associations de défense des libertés et le climat politique de tension actuelle (très sensible à tout abus concernant le respect de la vie privée) auront un impact sur le développement de la RFId. Au-delà, du respect des législations en vigueur dans chaque pays sur la vie privée, Il serait important d'établir une régulation démocratique internationale encadrant l'usage de la RFId. Celle-ci devrait porter sur le respect des libertés fondamentales. Au final, nous retiendrons deux variables déterminantes pour les perspectives de la RFId :

L'issue des grands projets de déploiement
Respect des libertés fondamentales

Nous pouvons dès lors élaborer quatre scénarios distincts qui correspondent aux croisements de ces deux variables.

3. ELABORATION DE SCÉNARIOS



4. CONCLUSIONS

Bien que toutes les situations envisagées soient plausibles, la réalité sera bien plus complexe et nuancée. Cependant, ces scénarios nous ont permis de clarifier les éléments qui pèseront sur les perspectives de la RFID. A notre sens, ceux-ci auront une influence au niveau de la généralisation des puces (utilisation massive/utilisation partielle) ainsi qu'au niveau de l'évolution de cette technologie (identification simple/Internet des objets). Il nous semble évident que le succès de la technologie RFID est étroitement lié à celui du circuit ouvert, condition *sine qua non* de la résolution des problèmes économiques, politiques, sociétaux et techniques. En outre, de cette réussite dépend le statut d'acteur inévitable de la RFID dans le paradigme de l'Internet des Objets.

Quelle que soit l'issue du déploiement de la RFID, le respect des libertés fondamentales est essentiel à nos yeux pour nous préserver des dangers d'un monde "entièrement codifié"²⁴⁷, sans aucun repère moral. Cette volonté doit être partagée par toutes les parties prenantes, des entreprises aux Etats, en passant par les consommateurs.

²⁴⁷ GS1, *L'Internet des choses : Actes de conférences*, Université d'été Nantes, op.cit.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire nous a permis, dans un premier temps, de saisir les fondements techniques de la RFID et le modèle global dans lequel elle s'inscrit. Il en ressort qu'il existe actuellement peu de technologies capables de concurrencer la RFID, bien qu'il soit très probable que, pour des raisons d'ordre économique, la technologie du code-barres cohabite encore quelques temps avec la RFID.

Notre travail nous a donné l'occasion de mettre en exergue le potentiel et les contraintes liés au déploiement de cette technologie dans les organisations. Si la RFID provoque un grand intérêt dans les organisations et si elle est promise à une forte croissance dans différents secteurs, son déploiement en circuit ouvert nécessite encore la résolution de diverses difficultés. L'étude du cas Wal-Mart l'a démontré, de nombreux industriels s'interrogent encore quant à l'utilité et, surtout, à la rentabilité de cette technologie.

Au-delà de l'analyse technique, ce travail nous a amené à mieux cerner les enjeux de pouvoir que suppose l'utilisation du standard *de facto* préconisé par l'EPCglobal Inc. Les analyses effectuées dans les chapitres précédents ont rendu possible l'élaboration de quatre scénarios prospectifs et la compréhension des différents facteurs pesant sur son devenir.

Ce mémoire, de nature exploratoire, nous a amené à établir un état de l'art original de la technologie RFID et plus particulièrement de son déploiement en circuit ouvert. Il nous a permis de comprendre les craintes et l'enthousiasme soulevés par celle-ci.

Outre l'enrichissement que procure l'analyse d'une technologie émergente, au sujet de laquelle peu d'ouvrages synthétiques existent, il fut captivant d'en appréhender les perspectives. Cette étude nous a également initié à de nouveaux concepts tels que le futur Internet des objets et le monde des objets communicants. A travers cette étude, nous avons pris conscience du fort potentiel que représentent ces paradigmes.

Il serait très intéressant d'en étudier les différentes applications et, pourquoi pas, d'en élaborer de nouvelles.

Ce mémoire pourrait être poursuivi par d'autres travaux portant, par exemple, sur l'étude d'alternatives du standard préconisé par l'EPC, ou bien sur la mise en place des infrastructures logicielles basées sur ce standard.

BIBLIOGRAPHIE

1. OUVRAGES

Alberganti M, *Sous l'œil des puces: Le RFID et la démocratie*, Acte Sud, Arles, France, 2007

Albrecht K, Mc Intyre L, *How Major Corporations and Government Plan to Track your Every Move with RFID*, Spy chips, Nelson Current, octobre 2005.

Bhatt H, Glover B, *RFID Essentials*, O'Reilly, California, USA, 2006 [CD-Rom]

Bhuptani M, Moradpour Shahram, *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems*, Prentice Hall, Upper Saddle River, USA, 2005.[CD-ROM]

Finkenzeller K, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*, John Wiley & Sons, Chichester, England, 2003

Lahiri S, *RFID Sourcebook*, Prentice Hall, Massachusetts, USA, 2005.[CD-ROM]

Myerson JM, *RFID in the supply chain : A guide to selection and implementation*, Auerbach publication, New-York, 2007.

Sweeney P, *RFID for dummies*, Wiley Publishing, Indiana, USA, 2005

Thornton F, Haines B, Das A, Bhargava H, Campbell A, Leinschmidt J, *RFID Security*, SyngPress Publishing, Rockland, Canada, 2006.

2. ARTICLES

Commission nationale de l'informatique et des libertés, *Communication de M. Philippe Lemoine relative à la Radio-Identification (Radio-Tags ou RFIDs): IV: Les enjeux de la radio identification*, 30/10/2003
[http://www.cnil.fr/fileadmin/documents/approfondir/rapports/RFID_communication.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Culnaert E, *Dossier de veille AEC: Promesse et menace des puces et étiquettes RFID*, n° 20 Bis, pp. 62-63, mars 2006
[<http://www.supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/Archives/SCM014/Tribune-JBeylot-14.pdf>] (Visité le 21/05/2008)

Curnow R, *The price to pay for VIP status*, Cnn, 6/10/2004.

[<http://edition.cnn.com/2004/TECH/10/05/spark.bajabeach/>] (Visité le 21/05/2008)

Daniau V, *Acquisition des données : La détection-RFId*, pp. 22-26, Cahier technique n° 209, Schneider electric, 01/09/ 2005.

[http://www.automation.schneider-electric.com/as-guide/FR/pdf_files/asg-6-acquisition-de-donnees.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Darquennes D & Poulet Y, Darquennes D & Poulet Y, *RFID: Quelques réflexions introductives à un débat de société*", p. 273, Revue du droit des technologies de l'information, n°26, 2006

Deblock F, *Wal-Mart : les tests RFId grandeur nature ont commencé*, Journal du Net, 6/05/2004. [http://www.journaldunet.com/solutions/0405/040506_rfid_wal-mart.shtml] (Visité le 21/05/2008)

Delfau V, *Marché RFID : des revenus multipliés par dix d'ici 2016*, Le monde Informatique, 30/01/2006.

[<http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-marche-rfid-des-revenus-multiplies-par-dix-d-ici-2016-18462.html>] (Visité le 21/05/2008)

Dessenne G-A, *RFID: Règlements et standards*, Datacollection, 15/10/2005

[<http://www.datacollection.eu/datacollection/article.do;jsessionid=4D11F4A9F5DD0F5E2FE9F6DAF08E1B52?id=281>] (Visité le 21/05/2008)

Dutheil C, *Comment profiter du potentiel du Machine To Machine*, VNUnet, 10/04/06.

[<http://www.vnunet.fr/articles/printView/fr/vnunet/news/2006/04/10/profiter-potentiel-machine-to-machine>] (Visité le 21/05/2008)

Fievez C, *Les puces espions boycottées par des associations américaines*, 01Net,

15/09/2003. [<http://www.01net.com/editorial/216331/les-puces-espions-boycottees-par-des-associations-americaines/>] (Visité le 21/05/2008)

Filiponne D, *Le géant Wal-Mart se prend les pieds dans la RFId*, Journal du Net, 18/07/2007.

[<http://www.journaldunet.com/solutions/systemes-reseaux/actualite/07/1018-wal-mart-rfid.shtml>] (Visité le 21/05/2008)

Fléchaux R, *Entretien avec Philippe Gautier de Benedicta*, Le monde Informatique,

25/01/2006. [<http://www.lemondeinformatique.fr/entretiens/lire-p-gautier-dsi-de-benedicta-12.html>] (Visité le 21/05/2008)

Gougeo F, *Le marché RFID devrait progresser de 255% d'ici à 2010*, TraceNewsInfo, Date NC. [<http://www.tracenews.info/le-marche-RFID.html>] (Visité le 21/05/2008)

GS1, *Cadre architectural pour le réseau EPC-global*, Bulletin GS1-EPC, avril 2005.
[http://www.gs1belu.org/epc-fr/EPC_cadrearchitectural.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Guillemin C, *Les RFId rayonnent au Salon traçabilité 2007*, ZDNet France, 25/01/2007.
[<http://www.zdnet.fr/galerie-image/0,50018840,39366528,00.htm>] (Visité le 21/05/2008)

Gyger T, "RFId techniques enjeux et acteurs : Comment produire un milliard de puces RFId ? ", pp. 5-7, Veille Technologique n° 32, Septembre-Octobre 2005.
[<http://www.uimm.fr/fr/asprom/pdf/rfid.pdf>] (Visité le 21/05/2008)

IDate, *Machine-To-Machine: Forte croissance du Wireless Machine-To-Machine et impact du RFID*, IDate, 01/06/2006.
[<http://www.idate.fr/pages/index.php?rubrique=etude&idr=16&idl=6&idp=95>] (Visité le 21/05/2008)

Jeanne-Beylot B, *Les nouvelles générations de tags RFID actifs*, Supply-Chain magazine, n°14, pp. 63-64., XX/04/ 2007,
[<http://www.supplychainmagazine.fr/TOUTE-INFO/Archives/SCM014/Tribune-JBeylot-14.pdf>] (Visité le 21/05/2008)

Lahrichi Y, *Le point sur...Le marché de la RFID en Corée du Sud*, 14/08/2007.
[<http://asie.atelier.fr/telecom/mobilite/article/le-point-sur-le-marche-de-la-rfid-en-coree#more-1549>] (Visité le 21/05/2008)

L'atelier, *L'information médicale se transmet par patch RFID*, l'Atelier, 8/11/2007
[<http://www.atelier.fr/sante/10/08112007/rfid-informations-medicales-gentag-patch-35512-.html>] (Visité le 21/05/2008)

Lewan T, *Chip Implants Linked to Animal Tumors*, Washington Post., 09/08/2007
[http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/09/08/AR2007090800997_pf.html] (Visité le 21/05/2008)

Manach J-M, *La Cnil met les "étiquettes intelligentes" sur sa liste noire*, Transfert.net, 27/11/2003.
[<http://www.transfert.net/La-Cnil-met-les-etiquettes>] (Visité le 21/05/2008)

Mathieux B et Dupin JB, *RFID: Vers l'architecture à géométrie variable*, 01Net, le 06/11/2006.
[<http://www.01net.com/article/331527.html>] (Visité le 21/05/2008)

Munarriz N, "Le M2M, nouveau concept à la mode ou vraie révolution ?", *Jautomatise*, n°47, p. 40, XX/08/ 2006.

[<http://www.jautomatise.com/article-pdf%3Ffichier%3Dj47p40>] (Visité le 21/05/2008)

Olanié M, *La RFID-un semi-échec chez Wal-Mart*, Le monde Informatique.fr, 09/10/2007. [<http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-la-rfid-un-semi-echec-chez-wal-mart-24223.html>] (Visité le 21/05/2008)

Renault S, *NFC: La radio fréquence à courte portée*, 01Net, 27/04/2006. [<http://www.01net.com/article/314078.html>] (Visité le 21/05/2008)

Rfid Gazette, *RFID Opportunities In Health Care and Life Sciences*, Rfid Gazette, 06/09/2006. [http://www.rfidgazette.org/2006/09/rfid_opportunit.html] (Visité le 21/05/2008)

RfidGazette, *What is ZigBee's Relationship to RFID*, Rfid Gazette, 26/07/2006. [http://www.rfidgazette.org/2006/07/what_is_zigbees.html] (Visité le 21/05/2008)

RfidUpdate, *Gartner: RFID Market \$3 Billion in 2010*, RfidUpdate, 13/12/2005. [<http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1014>] (Visité le 21/05/2008)

Rousseau M, *Un pavé dans la mare du code barres*, Filrfid, 13/12/2006 [<http://www.filrfid.org/archive-12-13-2006.html>] (Visité le 21/05/2008)

Rousseau M, *Middleware RFID: l'embaras du choix*, Datacollection, 04-09-2006. [<http://www.datacollection.com>] (Visité le 21/05/2008)

Rousseau M, *Standard RFID en Chine: On ne joue plus "Lève toi, Tag rouge!"*, Filrfid, Date NC. [<http://www.filrfid.org/article-3601404.html>] (Visité le 21/05/2008)

Rousseau M, *Middleware RFID: Profession intermédiaire*, Datacollection, 26/04/2006. [<http://www.dataCollection.com>]

Rousseau M, *RFID croissance forte dont en Chine*, Filrfid, 31/08/2005 [<http://www.filrfid.org/categorie-318050.html>] (Visité le 21/05/2008)

Schwartz P, *La planification stratégique par scénarios*, in *Futuribles*, n° 176, mai 1993- P Schwartz, "The art of long view", DoubleDay/Currency, New-York.

Schuman E, *Rubee offer an alternative to RFID*, Eweek, 9/06/2006. [<http://www.eweek.com/article2/0%2C1759%2C1974931%2C00.asp?kc=EWYH104039TX1B0000665>] (Visité le 21/05/2008)

ServicesMobiles, *Usages et chiffres sur I-mode FeliaC*, Servicesmobiles, 27/10/2005. [http://www.servicesmobiles.fr/services_mobiles/2005/10/usages_et_chiff.html]

SIAGE, Gouvernance de l'Internet des Objets, SIAGE, 29/11/2007
[<http://blog.siaige.com/post/2007/11/29/Gouvernance-de-linternet-des-Objets-ONS-Europeen-et-Chronique-de-Jacques-Attali>] (Visité le 21/05/2008)

TransfertNet, *Des solutions pour protéger la vie privée du consommateur face aux étiquettes intelligentes*, Transfertnet, 18/11/2003.[<http://www.transfert.net/Des-solutions-pour-protoger-la-vie>] (Visité le 21/05/2008)

ZoneIni, *The State of Radio Frequency Identification (RFID): New EPC Gen2 RFID Standard Emerges*, ZoneIni, 16/06/2007.
[<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4300>] (Visité le 21/05/2008)

3 MÉMOIRES

Aguire JI, *EPC Global: Univeral Standard*, page 90, Master Thesis of Science in Engineering and Management, MIT-Sloan-School of Management, février 2007.
[<http://web.mit.edu/smadnick/www/wp/2007-01.pdf>](Visité le 21/05/2008)

Cavel S, Millet C, *Les étiquettes RFID*, Mémoire élèves Ingénieurs 2eme année EFPG._
[<http://cerig.efpg.inpg.fr/memoire/2004/rfid.htm>] (Visité le 21/05/2008)

Jovelin C, *Mémoire de terminologie et de traduction : RFID les systèmes d'identification par onde radio*, Université Paris 7 Denis Diderot.
[http://subkingdom.free.fr/rfid/Memoire_RFID_complet_cjovelin.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Lemarteleur X, *Traçabilité contre vie privée : Les RFIDs*, DESS Droit du multimédia et de l'informatique, Université Paris 2- Panthéon-Assas, Octobre 2004.[<http://www.juriscom.net/documents/priv20041022.pdf>] (Visité le 21/05/2008)

4 PRÉSENTATIONS

GS1Benelux, *Laboratoire RFID EPC Global France, Etude 2006 : Synthèse des résultats*, 2006, GS1Benelux.[www.gs1belu.org/seminaires/A_VICAN.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Lamalle JL, *La télébillétique à la RATP*, 12/10/2005.
[http://v5.kermeet.com/Data/kmreed_rfid/event/F_4198459a785a81ca992042a1c116bbef436f73c4107a9.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Pierre Audoin Consultants, *Le marché de la RFID en France : Maturité et évolution*, mai 2005.
[http://www.eannet-france.org/download/nonprotege/i_actualites/conventionrfid/presentations_150605/EPCglobal%20France%20-%201%20-%20PAC%20Renaud%20SMAGGHE.pdf]

(Visité le 21/05/2008)

Srivastava L, *L'Internet des objets : L'ubiquité des technologies tendance et conséquence*, Itu Internet Report 2005: The Internet of Things – Executive Summary, 11/12/2006
.[<http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>] (Visité le 07/08/2007)

Stevens J-K, *Visible Asset : the benefits of visibility networks*, slide 12.
[<http://grouper.ieee.org/groups/hit/files/Stevens-OPTCust-TechCC1-2.ppt#12>]
(Visité le 21/05/2008)

5. PUBLICATIONS

Afirse Sousa JM, *Les scénarios: Un sens projectif pour l'organisation de l'enseignement*, Université de Madère, IX Colloque International.
[https://intra.ehva.nl/algemeen/kennis/projecten/scenariowriting/publications_of_rdcmember/Sousa-les%20scenarios.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Atkins D, Austein R, *IET/RFC 3833: Threat Analysis of the Domain Name System*, 01/08/2004.[<http://www.rfc-archive.org/getrfc.php?rfc=3833>] (Visité le 21/05/2008)

Benjamin F, Spiekerman G & S, *Security Analysis of the Object Name Server Service*, Institut of information system, Humboldt-University of Berlin, Date NC.
[zope.wiwi.hu-berlin.de/Professuren/quantitativ/wi/personen/hl/downloads/ONS_Security.pdf]
(Visité le 21/05/2008)

Englert B, Parmar A, Byambajva D, *Evaluating and improving the security of RFID tags in shipping container*, page 21-24, 16/07/ 2007, California State University Long Beach
[<http://www.trb.org/conferences/rfid/pdf/englert.pdf>]

Hémond A, *RFID et Administration publique: Le citoyen sous surveillance ?*, Canadian Journal of law and Technology, Date NC.
[http://cjlt.dal.ca/vol5_no1/pdfarticles/hemond.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Huault T, *Recherche optique et radio-fréquence, Systèmes RFID*, Publication Master, 2005-2006. [<http://blog2b.net/uploads/b/bloggi/10270.pdf>] (Visité le 21/05/2008)

Landt J, *Shrouds of Time : The history of RFID*, Pitsburg, AIM, 2005
[http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/shrouds_of_time.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Rotter P, *A Framework for Assessing RFID System Security and Privacy Risks* ,Pervasive computing, p. 70-77, avril 2008.

Seong Leong K, Leng Ng M, Engel DW, *EPC Network Architecture*, Auto-ID Labs, XX/08/2004.
[<http://www.m-lab.ch/auto-id/SwissReWorkshop/papers/EPCnetworkArchitecture.pdf>] (Visité le 26/05/2008)

Wilkinson L, *How to build scenarios*, Global Business Network, septembre 1995.
[www.ptv-agc.org/RRM-HowToBuildScen1.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Yamato, Ysahi, *MIT Auto-ID Center Advances the Standardization of RFID Tags*, 01/08/2003 [www.ntt.co.jp/tr/0308/files/ntr200308095.pdf] (Visité le 21/05/2008)

6. LIVRES BLANCS

Association des opérateurs mobiles de France, *Livre blanc sur le sans-contact mobile*, , XX/04/2006.
[http://www.afom.fr/v4/FILE_DOWNLOAD.php?doc_ID=1173&mode=directOpen] (Visité le 21/05/2008)

Barras X, *Rapport de L'EPC Global France : L'identification par Radio Fréquence Principe et applications*, GS1-France, 08/04/2004
[http://www.eannet-france.org/download/nonprotege/b_outils_ean/rfid/rfid_new/EPC2004-032%20-%20RFID%20Principes%20et%20Applications.pdf] (Visité le 21/05/2008)

GS1, *The GS1 global Data Synchronisation Network : What you need to know*, 01/12/2006, GS1.
[http://www.gs1.org/docs/gdsn/gdsn_what_you_need_to_know.pdf] (Visité le 21/05/2008)

GS1, *L'Internet des choses : Actes de conférences*, Université d'été Nantes, 26/08/2006.
[http://www.gs1.fr/gs1_fr/content/download/42955/400872/file/universite2006.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Henri-Tudor, *La technologie RFID*, Rapport du Centre de Recherches Publiques Henri-Tudor, 22 septembre 2005.
[[http://www.spiral.lu/SI/Article.nsf/0/4e89a8ff36f196fac1256ea90043f147/\\$FILE/livre%20blanc%20RFID%20V2.pdf](http://www.spiral.lu/SI/Article.nsf/0/4e89a8ff36f196fac1256ea90043f147/$FILE/livre%20blanc%20RFID%20V2.pdf)] (Visité le 21/05/2008)

Nabet D, Rizcallah M, Kaplan D, *Livre blanc Machine To Machine enjeux et perspectives*, 01/07/2006.
[http://www.fing.org/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID_FICHE=7186&OBJET=0008&ID_FICHIER=3827] (Visité le 21/05/2008)

7. DOCUMENTS TECHNIQUES

EPCglobalInc, *Spécification for RFID Air Interface : EPC Radio Frequency Identity Protocols Class-1 Generation 2 UHF RFID Protocol for communication at 860-960 MHz*, Janvier 2005, EPCGlobalInc.

[http://www.epcglobalinc.org/standards/specs/EPCglobal_UHF_Gen2_conformance_V1-0-4_OFFICIAL.pdf] (Visité le 21/05/2008)

EpcglobalInc, *The EPC Global Architecture Framework*, pp. 9-10 septembre 2007, EPCglobalInc.

[http://www.epcglobalinc.org/standards/architecture/architecture_1_2-framework-20070910.pdf]

EPCglobalInc., *EPCglobal Certificate Profile*, p.4, EPCglobalInc, 8/04/2006.

[rfidepc.korcham.net/files/07_EPCglobal%20Certificate%20Profile.pdf] (Visité le 21/05/2008)

EPCglobal, *Standards Development Process*, Version 1.2, March 8, 2006

EPCglobal, *Guideline EPC for Consumer Product*, EPCglobalInc, XX/09/2005.

[http://www.epcglobalinc.org/public/ppsc_guide/] (Visité le 21/05/2008)

GS1Benelux, *EPC Global Cotisation*, GS1, XX/07/2007.

[<http://www.gs1belu.org/epc-fr/EPCcotisations.pdf>] (Visité le 22/05/2008)

GS1, *Cadre architectural pour le réseau EPC-global*, p. 27, Bulletin GS1-EPC, XX/04/2005.

Guizol J, *Architecture des ordinateurs : Numération, codage et précision*, cours de 1^{er} licence en informatique de Faculté des Sciences de Luminy, Département d'informatique.

[<http://www.dil.univ-mrs.fr/~guizol/Polys/DEUGPoly1.pdf>]

8. RAPPORTS

Brenner A, Eidlin B, Candaele K, *Conference Rapport: Wal-Mart Store Inc*, XX/02/2006.

[http://www.gmb.org.uk/Shared_ASP_Files/UploadedFiles/6FA282CF-0F41-475D-9F39-F10DBB75DDE7_walmart.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Commission Européenne, *L'identification par RadioFréquence en Europe: Vers un cadre politique*, Date NC.

[http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/doc/rfid_fr.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Commission Européenne ,*Results of the public online consultation on future radio frequency identification technology policy: The RFID Revolution: Your voice on the Challenges, Opportunities and Threats*,Date NC.
[http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/doc/rfidswp_en.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Commission Européenne, *Document de travail sur les questions de protection des données posées par la technologie RFID*, 19/01/ 2005.
[http://ec.europa.eu/justice_home/fsj/privacy/docs/wpdocs/2007/wp136_fr.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Cornu J-M, Kaplan D, Soriano P, *Prospectic2010 : Etat des lieux Tendances et enjeux technologiques à 5-10 ans*, FING-IREPP, XX/09/2005.
[http://www.fing.org/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID_FICHIER=4067] (Visité le 21/05/2008)

Direction générale des entreprises, *Etude sur les étiquettes électroniques et la traçabilité des objets Panorama stratégique*, Direction Générale des Entreprises, 31/10/2007.
[http://www.telecom.gouv.fr/fonds_documentaire/rapports/07/panorama_strategique.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Duval M, *Cover story :Wal Mart's faltering RFID initiative*, Baselinemag,10/03/2007.
[<http://www.baselinemag.com/article2/0,1540,2191743,00.asp>] (Visité le 03/05/2008)

Leaver Sharyn, *Evaluating RFID Middleware*, Forrester Research, 13/08/2004

Letellier F, *Etiquette Electronique RFID : Infrastructure logicielles et middleware*, Direction Générale des Entreprises, 11/04/2006.
[http://www.objectweb.org/www/d_read/marketing/public/DGE-RFID-GT-Middleware-v1.0.pdf] (Visité le 10/11/2007)

Ministries and Commissions including Ministry of Science and Technology of China, *White Paper On RFID Technology Policy in China*, 09/9/2006.
[http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/China_RFID_Whitepaper.pdf] (Visité le 21/05/2008)

Roure F, Gorichon J-C, Sartorius E, *Les technologies de radio identification : Enjeux industriels et questions sociétales*, Conseil Général des technologies de l'information, 51 p, 01/01/2005.
[http://www.telecom.gouv.fr/fonds_documentaire/rapports/rapport_cgiti_rfid.pdf] (Visité le 21/05/2008)

IDTechEx, *RFID Forecasts, Players & Opportunities 2007-2010*,2007, IDTechEx.
[<http://www.idtechex.com/products/en/articles/00000521.asp>] (Visité le 21/05/2008)

IDTechEx, *The RFID Knowledgebase : Sample Case studies*, IDtechex, 01/01/2007, pp. 22-28.

[<http://www.idtechex.com/documents/downloadpdf.asp?documentid=966>]
(Visité le 21/05/2008)

9. SITES INTERNET

<http://www.fondation-marconi.ch> (Visité le 21/05/2008)

<http://www.epcglobalinc.org> (Visité le 21/05/2008)

<http://www.hitachi-eu.com> (Visité le 21/05/2008)

<http://fr.wikipedia.org> (Visité le 21/05/2008)

<http://www.verichipcorp.com> (Visité le 21/05/2008)

<http://www.gaorfid.com> (Visité le 21/05/2008)

<http://www.visidot.com> (Visité le 21/05/2008)

<http://www.chippingofgoods.org.uk> (Visité le 21/05/2008)

<http://www.rfidjournal.com> (Visité le 21/05/2008)

<http://blog.siaige.com> (Visité le 21/05/2008)